

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年1月22日 (22.01.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/008219 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G02B 26/02  
 (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008188  
 (22) 国際出願日: 2003年6月27日 (27.06.2003)  
 (25) 国際出願の言語: 日本語  
 (26) 国際公開の言語: 日本語  
 (30) 優先権データ:  
     特願2002-204727 2002年7月12日 (12.07.2002) JP  
     特願2003-10661 2003年1月20日 (20.01.2003) JP  
 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): オムロン株式会社 (OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒600-8530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 Kyoto (JP).  
 (72) 発明者; および  
 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 今井 清 (IMAI, Kiyoshi) [JP/JP]; 〒600-8530 京都府京都市下

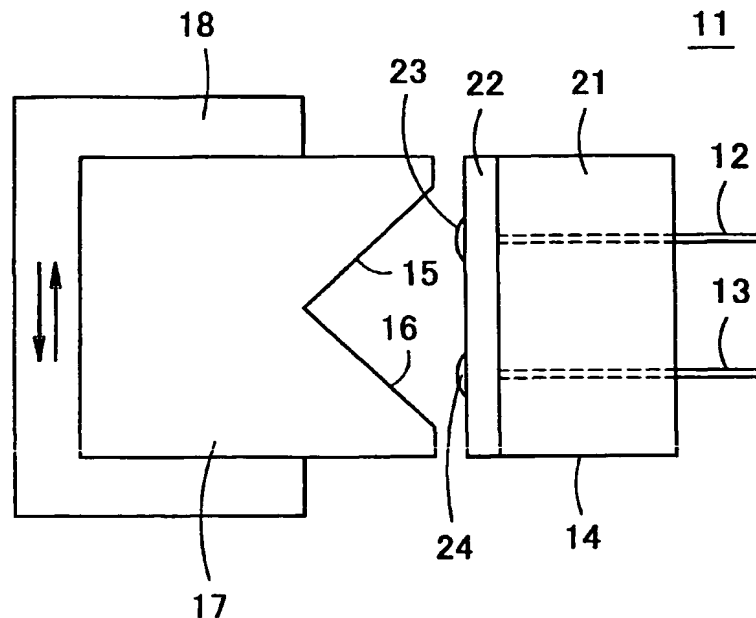
京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 福田 一喜 (FUKUDA, Kazuki) [JP/JP]; 〒600-8530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 仲西 陽一 (NAKANISHI, Yoichi) [JP/JP]; 〒600-8530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 田中 宏和 (TANAKA, Hirokazu) [JP/JP]; 〒600-8530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 大西 徹也 (ONISHI, Tetsuya) [JP/JP]; 〒600-8530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

- (74) 代理人: 中野 雅房 (NAKANO, Masayoshi); 〒540-0012 大阪府大阪市中央区谷町1丁目3番5号 オグラ天満橋ビル Osaka (JP).  
 (81) 指定国 (国内): CA, CN, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: VARIABLE LIGHT ATTENUATOR

(54) 発明の名称: 可変光減衰器



(57) Abstract: A variable light attenuator, wherein two mirrors (15) and (16) forming an angle of 90° are formed on the front surface of a mirror member (17), an input optical fiber (12) and an output optical fiber (13) are held on a fiber array (14) at a specified interval, and an outgoing lens (23) and an incident lens (24) are installed on the front surface of the fiber array (14) so as to be opposed to the end faces of the input optical fiber (12) and the output optical fiber (13), whereby the attenuated amount of light can be varied by linearly moving the mirror member (17) by an actuator (18).

[続葉有]



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: ミラー部材(17)の前面には、90度の角度をなす2つのミラー(15)(16)が形成されている。ファイバアレイ(14)には、入力用光ファイバ(12)及び出力用光ファイバ(13)が所定の間隔を置いて保持されており、入力用光ファイバ(12)及び出力用光ファイバ(13)の端面に対向するようにして、ファイバアレイ(14)の前面にそれぞれ出射レンズ(23)と入射レンズ(24)が設けられている。この可変光減衰器によれば、アクチュエータ(18)によりミラー部材(17)を直線状に動かせば、それによって光減衰量を変化させることができる。

## 明細書

## 可変光減衰器

技 術 分 野

本発明は、光の減衰量を調節することのできる可変光減衰器に関する。

背 景 技 術

可変光減衰器（VOA）は、入力用光伝送路（通常は、光ファイバ）から入射した光を減衰させて出力用光伝送路（通常は、光ファイバ）へ出力させるものであり、その光減衰量を可変に調整できる。このような可変光減衰器において光減衰量を制御する方法としては、これまでも種々の方式のものが提案されている。例えば、対向する光ファイバ端面間の光路中にシャッタを出し入れし、その遮蔽度合いで光の減衰量を調整するメカニカル方式のものや、光路途中にファラデー回転子や熱光学素子などの光学素子を配置したものなどがある。

しかし、前者のメカニカル方式の可変光減衰器では、シャッタの縁で回折が起きるので、波長依存性が生じる、また、偏波依存損失が発生するといった不具合がある。さらに、従来のメカニカル方式のもので用いられているアクチュエータは、サイズが大きく、可変光減衰器の小型化が困難であった。

後者の光学素子を用いた可変光減衰器では、ファラデー回転子や熱光学素子などの高価な光学素子を必要とするので、可変光減衰器が高価になる、また、光減衰量を自己保持できないので、光学素子に影響を与えるための電氣的素子に通電し続ける必要があり、消費電力が大きかった。さらに、光学素子に関連して他の光学素子や光学素子に影響を与えるための電氣的素子なども必要になり、構造が複雑になり易かった。

また、光反射面を用いた可変光減衰器としては、米国特許のPatent Number 6,137,941に開示されたものが知られている。図1は、この従来の可変光減衰器の構造を示す概略図である。この可変光減衰器にあつては、図1に示すように、平行に揃えられた入力用光導波路1及び出力用光導波路2の端面にレンズ3を配置

し、レンズ 3 からレンズの焦点距離  $f$  だけ離れた位置にミラー 4 を設け、ミラー 4 を支点 5 によって回動自在に支持している。ここで、入力用光導波路 1 と出力用光導波路 2 の中間線とレンズ 3 の光軸とは一致しており、その延長上に支点 5 が位置している。また、ミラー 4 とベース 6 との間には圧電アクチュエータ 7 が挿入されており、コントローラ 8 で制御しながら圧電アクチュエータ 7 を伸縮させることにより、ミラー 4 の傾きを任意に調整できるようにしている。

しかして、ミラー 4 がレンズ 3 の光軸と垂直になっている場合には、レンズ 3 の光軸と平行に入力用光導波路 1 から出射した光は、レンズ 3 を透過する際に屈折してミラー 4 に達し、ミラー 4 で反射した光は、再びレンズ 3 を透過する際に屈折してレンズ 3 の光軸と平行になり、出力用光導波路 2 へ入射する。この場合には、出力用光導波路 2 に入射する光の光軸と出力用光導波路 2 の軸心とが一致していると、出力用光導波路 2 に入射する光の光量は最大となる（光減衰量が最小となる。）。これに対し、圧電アクチュエータ 7 でミラー 4 を傾かせると、入力用光導波路 1 から出射されミラー 4 で反射した後に出力用光導波路 2 へ戻ってきた光の光軸は、出力用光導波路 2 の軸心からずれ、出力用光導波路 2 に入射する光の光量が減少するので、ミラー 4 の傾きが大きくなるほど、出力用光導波路 2 に入射する光の減衰量は大きくなる。

このような構造の可変光減衰器によれば、シャッタ方式の可変光減衰器のような波長依存性の問題もなく、光学素子によってコストが高価につくといった問題も回避することができる。

しかし、このような構造の可変光減衰器では、レンズ 3 とミラー 4 との距離をレンズ 3 の焦点距離だけ離さなければならず、しかも、入力用光導波路 1 から出射された光や出力用光導波路 2 に入射する光の収差を小さくするためには、できるだけレンズ 3 の光軸近くを使用する必要があり、短焦点レンズを用いることができないので、このような構造では可変光減衰器の小型化に限界があった。また、ミラー 3 の角度を傾ける方法では、ミラー 3 のわずかな傾きによっても出力用光導波路 2 に入射する光の光軸が敏感に変位するので、ミラー 3 の傾きをシビアに制御する必要があり、光減衰量を精度よく制御することが困難であった。なお、この可変光減衰器でも、圧電アクチュエータを使用しているので、ミラー 3 の

角度を自己保持できず、消費電力が高い。

## 発 明 の 開 示

本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、小型化が可能で、精度良く光減衰量を制御することができる可変光減衰器を提供することにある。

本発明にかかる可変光減衰器は、入力用光伝送路から入射した光を減衰させて出力用光伝送路へ出力させると共にその光減衰量を調整可能な可変光減衰器において、前記入力用光伝送路と、前記出力用光伝送路と、前記入力用光伝送路から出射された光を前記出力用伝送路に向けて反射させる光反射面と、前記光反射面の全体又は一部を、前記入力用光伝送路又は前記出力用伝送路のうち少なくとも一方に対して相対的かつ直線状に移動させるアクチュエータとを備えたものである。

ここで、本発明にかかる可変光減衰器の実施態様においては、前記アクチュエータは、前記出射用光伝送路に向けて反射される光の光軸が前記出射用光伝送路の軸心に対して変位するように、前記光反射面の少なくとも一部、前記入力用光伝送路又は前記出力用光伝送路のうちいずれか（以下、光反射面等という。）を直線状に移動させるものとすることができる。

本発明にかかる可変光減衰器によれば、入力用光伝送路から出射された光を反射させる光反射面等をアクチュエータによって直動させることにより、出力用光伝送路に入射する光の光軸を出力用光伝送路に相対的に移動させることができ、それによって光減衰量を変化させることができる。ここで、光反射面とは、光を反射させることができるものであればよいが、特にミラー、金属鏡面、ミラーコーティング面などが望ましい。また、屈折率の異なる透明媒質の境界面（例えば、プリズムと空気との境界面）によって光反射面を形成し、光反射面で光を全反射させるものであってもよい。この光反射面としては、平面に形成されたものに限らず、球面等の曲面に形成されたものであってもよい。また、光反射面の移動方向は、いずれの光反射面も平面である場合には、すべての光反射面の面方向に平行な方向であってはならないが、曲面の場合には、このような制限はない。ま

た、入力用又は出力用光伝送路には、光ファイバや光導波路などを用いることができる。

しかして、この可変光減衰器は、入力用光伝送路から出射された光を反射させる光反射面等をアクチュエータによって直動させるだけの簡単な構造であるため、可変減衰器を小型化することが可能になる。また、光反射面等を直動させるだけであるので、光反射面を傾けるものに比較して、光反射面の移動時のバラツキが光減衰率に敏感に応答することがなく、従って、光減衰量を精度良く制御することができる。

本発明にかかる可変光減衰器の別な実施態様は、前記入力用伝送路から出射されて前記出力用光伝送路に入射しない光を受光するモニター部を備えたものである。この実施態様の可変光減衰器は、出力用光伝送路に入射しない光を受光するモニター部を備えているので、出力用光伝送路に入射する光量を間接的に知ることができる。しかも、出力用光伝送路に入射する光量を直接検知するものではないので、可変光減衰器からの光出力の損失がない。また、モニター精度も高くすることができる。また、可変光減衰器にモニター部を設けることにより、可変光減衰器の後段などに個別のモニター部を設ける必要が無く、モニター部も含めた全体のコストを低減させることができ、また、モニター部を設けてもサイズがほとんど大きくなることがない。

さらに、この実施態様においては、前記出力用光伝送路の光入射面に対向させて配置された入射レンズと、前記モニター部の光入射面に対向させて配置されたモニターレンズとを一体化してもよい。このような可変光減衰器にあっては、入射レンズとモニターレンズを一体化しているので、入射レンズにもモニターレンズにも入射せずに損失となる光の光量を少なくできる。よって、モニター用の光の光量が増加し、モニター精度を高めることができる。また、損失となった光によって可変光減衰器の温度が上昇するのを防止することができる。

また、この実施態様においては、前記モニター部からの出力に応じて、前記光反射面の位置を補正する機能を備えていてもよい。例えばモニター部から出力されるモニター出力によって可変光減衰器をフィードバック制御することで、出力用光伝送路に入射する光量を一定に保ったり、光減衰量が一定になるように制御

したりすることができる。

本発明にかかる可変減衰器のさらに別な実施態様においては、前記アクチュエータが、ボイスコイルモータとラッチ機構によって構成されている。このような可変光減衰器は、ボイスコイルを用いているので、アクチュエータを非常に小さくすることができ、しかも光反射面を高精度に位置調整させることができる。また、ラッチ機構を備えているので、ボイスコイルに通電していない場合には、ラッチ機構により光反射面を固定することができる。特に、電気を用いないラッチ機構とすることにより、消費電力を低減させることができる。

本発明にかかる可変光減衰器のさらに別な実施態様においては、90度の角度をなす2つの前記光反射面を備えたミラー部材と、前記ミラー部材を直線状に移動させる前記アクチュエータとを備えている。このような可変光減衰器によれば、2つの光反射面が90度の角度を成すようにミラー部材に一体化されているので、光反射面どうしの角度を調整する必要が無く、ミラー部材と入力用光伝送路及び出力用光伝送路との調芯を行えば良いので、可変光減衰器の組み立てが容易になる。

本発明にかかる可変光減衰器のさらに別な実施態様においては、前記入力用光伝送路と前記出力用光伝送路を平行に並べて保持するファイバアレイを備えたことを特徴としている。この実施態様によれば、入力用光伝送路と出力用光伝送路がファイバアレイに一体化されているので、両光伝送路どうしの位置関係を調整する必要が無く、光反射面とファイバアレイの調芯を行えば良いので、可変光減衰器の組み立てが容易になる。

なお、この発明の以上説明した構成要素は、可能な限り任意に組み合わせることができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、従来の可変光減衰器の構造を示す概略図である。

図2は、本発明の第1の実施形態による可変光減衰器の構造を示す平面図である。

図3は、同上の可変光減衰器を構成するアクチュエータ及びミラー部材とファ

ファイバレイとを分離した状態の斜視図である。

図4 (1 a) (1 b) (1 c) は、金属プレスによってミラー部材を製造する方法を説明する概略図、(2 a) (2 b) (2 c) は切削加工によってミラー部材を製造する方法を説明する概略図である。

図5は、ファイバレイのホルダー位置における断面図である。

図6 (a) (b) (c) は、図2に示した可変光減衰器の動作とその作用を説明する図である。

図7は、入射レンズに入射する光の光軸とレンズの光軸との間の光軸ずれと、光減衰量との関係を測定した結果を示す図である。

図8は、図2に示した可変光減衰器の変形例を示す分解斜視図である。

図9 (a) (b) (c) は、図8に示した可変光減衰器の変形例の動作とその作用を説明する図である。

図10は、本発明の第2の実施形態による可変光減衰器を示す平面図である。

図11 (a) (b) (c) は、同上の可変光減衰器の動作とその作用を説明する図である。

図12は、入射レンズに入射する光の光軸とレンズの光軸との間の光軸ずれと、出力用光ファイバでの光減衰量及びモニタ用光ファイバでの光減衰量との関係を表わす図である。

図13は、(a) (b) は、シングルモードファイバとマルチモードファイバとの差異を説明する図である。

図14は、出力用光ファイバにもモニタ用光ファイバにも入射せず、損失となる光を説明するための図である。

図15は、本発明の第3の実施形態による可変光減衰器に用いられるファイバレイの正面図である。

図16 (a) (b) はハイブリッドレンズの正面図及び下面図、(c) はハイブリッドレンズを入射レンズとモニタレンズに分離して示した図である。

図17は、ハイブリッドレンズのより詳細な設計例を示す図である。

図18は、(a) (b) (c) (d) はハイブリッドレンズによるコリメート光の分割推移の様子を説明する図である。



図 19 は、従来の出力モニター方法を説明する図である。

図 20 は、本発明の第 4 の実施形態を示す概略ブロック図である。

図 21 は、(a) (b) は同上の制御回路内蔵可変減衰器における光減衰量の調整方法を説明する図である。

図 22 は、図 20 に示した制御回路内蔵可変減衰器の制御動作を表わしたフロー図である。

図 23 は、本発明の第 5 の実施形態による制御回路内蔵可変減衰器を示す概略ブロック図である。

図 24 は、同上の制御回路内蔵可変減衰器の制御動作を表わしたフロー図である。

図 25 は、本発明の第 6 の実施形態による制御回路内蔵可変減衰器を示す概略ブロック図である。

図 26 は、同上の制御回路内蔵可変減衰器による定減衰量制御の原理を説明する図である。

図 27 は、図 25 に示した制御回路内蔵可変減衰器の制御動作を表わしたフロー図である。

図 28 は、従来の定減衰量制御の方法を説明する図である。

図 29 は、(a) (b) は、本発明の第 7 の実施形態による可変光減衰器の構成を示す概略平面図である。

図 30 は、(a) (b) は、第 7 の実施形態による可変光減衰器の異なる構成を示す概略平面図である。

図 31 は、(a) (b) (c) (d) は本発明の第 8 の実施形態による可変光減衰器の構成と動作を示す概略平面図である。

図 32 は、超小型のボイスコイルモータ (VCM) を用いたアクチュエータの斜視図である。

図 33 は、(a) (b) はラッチ機構の動作を説明する側面図である。

図 34 は、(a) (b) (c) (d) は、別な構造のアクチュエータを説明する概略図である。

図 35 は、アクチュエータとして用いる超音波リニアモータの一部を拡大して

示す図である。

図 3 6 は、さらに別な構造のアクチュエータを示す平面図である。

図 3 7 は、さらに別な構造のアクチュエータを示す平面図である。

図 3 8 は、別な構造のラッチ機構を示す分解斜視図である。

図 3 9 (a) は、同上のラッチ機構において可動部が下がっている状態の側面図、(b) はその平面図である。

図 4 0 は、図 3 8 のラッチ機構において可動部が上がっている状態の側面図である。

図 4 1 (a) は、さらに別な構造のラッチ機構を示す側面図、(b) はその平面図である。

図 4 2 は、同上のラッチ機構において可動部が下がっている状態の側面図である。

図 4 3 (a) (b) は、さらに別な構造のラッチ機構を示す側面図である。

図 4 4 (a) (b) は、さらに別な構造のラッチ機構を示す側面図である。

図 4 5 (a) (b) は、さらに別な構造のラッチ機構を示す側面図である。

図 4 6 は、可変光減衰器の具体的製品の組み立て手順を示す図である。

図 4 7 は、図 4 6 の続図である。

図 4 8 は、図 4 7 の続図である。

図 4 9 は、可変光減衰器の具体的な製品形態の一例を表わした図である。

図 5 0 は、可変光減衰器の具体的な製品形態の一例を表わした図である。

図 5 1 は、可変光減衰器の具体的な製品形態の一例を表わした図である。

図 5 2 は、可変光減衰器の具体的な製品形態の一例を表わした図である。

図 5 3 は、(a) (b) は、本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器の構成を示す概略平面図である。

図 5 4 は、(a) (b) (c) は、本発明のさらに別な実施形態による可変光減衰器の構成を示す概略平面図である。

図 5 5 は、(a) (b) (c) はハイブリッドレンズの製造方法を説明する概略図である。

## 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

### (第1の実施形態)

図2は本発明にかかる可変光減衰器11の構造を示す平面図、図3はその光反射側の部材と光入出力用の部材とを分離した状態の斜視図である。この可変光減衰器11は、入力用光ファイバ12（シングルモードファイバ）及び出力用光ファイバ13（シングルモードファイバ）を有するファイバアレイ14と、90度の角度をなして互いに直交する第1のミラー15及び第2のミラー16（いずれもミラー面精度は、 $\lambda/10$ 以上とする。）を備えたミラー部材17と、ミラー部材17を直線上に移動させるためのアクチュエータ18とから構成されている。

ミラー部材17の正面には、平面視で互いに90度の角度をなして直交する垂直な2つのミラー15、16が形成されている。ミラー部材17は、ガラス、シリコン基板、真鍮などの金属からなっており、ミラー15、16はミラー部材17に一体に形成されていてもよく、ミラー部材17とは別部材のミラー15、16をミラー部材17に貼り付けるようにしてもよい。

例えば、図4（1a）（1b）（1c）は金属プレスによってミラー部材17を製造する方法を示している。図4（1a）における符号28は金属原料板、符号29aはプレス加工用の原盤であって、原盤29aの下面には90度の角度をなす突起が設けられている。この原盤29aを金属原料板28の上面に打ち下ろしてプレスすると、図4（1b）に示すように、原盤29aによって金属原料板28の上面に内面が90度の角度をなす直交溝30が形成される。原盤29aを金属原料板28から分離した後、図4（1c）に示す1点鎖線に沿って金属原料板28をカットして切り出すと、ミラー部材17が得られる。なお、この後、直交溝30内の表面には鏡面研磨を施しても良い。

また、図4（2a）（2b）（2c）は切削加工によってミラー部材17を製造する方法を示している。図4（2a）に示す符号29bは切削用のカッターであって、カッター29bが外周部では両側面が90度の角度をなしている。この

カッター 29b で金属原料板 28 の上面を切削すると、図 4 (2b) に示すように、カッター 29b によって金属原料板 28 の上面に内面が 90 度の角度をなす直交溝 30 が形成される。この後、図 4 (2c) に示す 1 点鎖線に沿って金属原料板 28 をカットして切り出すと、ミラー部材 17 が得られる。なお、この後、直交溝 30 内の表面には鏡面研磨を施しても良い。

また、ガラスやシリコン基板によって直交溝を有するミラー部材 17 を形成した後、直交溝内に金属薄膜を蒸着させてミラー 15、16 を形成しても良い。あるいは、プラスチック製のミラー部材 17 の直交溝内に別途製作されたミラー 15、16 を接着して貼り付けてもよい。また、プリズムレンズを貼り合わせてミラー部材 17 を構成しても構わない。あるいは、ガラスやプラスチックによって直交溝を有するミラー部材 17 を形成した後、直交溝の内面、もしくは直交溝を含むミラー部材 17 の正面全体にミラーコーティングを施しておいてもよい。

アクチュエータ 18 の具体例は後述するので、ここでは簡単に説明する。アクチュエータ 18 は、固定部 19 と可動部 20 とからなる直動型のアクチュエータであって、可動部 20 は固定部 19 に対して図 2 の矢印方向に往復動することができる。

ファイバアレイ 14 は、入力用光ファイバ 12 及び出力用光ファイバ 13 を保持するホルダー 21 と、ホルダー 21 の前面に接着されたレンズアレイ 22 とからなる。ホルダー 21 は、図 5 に示すように、V 溝アレイ 25a とカバー 25b とからなり、V 溝アレイ 25a の上面には 2 本の V 溝 26 が形成されている。V 溝 26 内には入力用光ファイバ 12 の先端部と出力用光ファイバ 13 の先端部が納められており、上にカバー 25b を重ねて接着一体化されている。よって、ホルダー 21 内において、入力用光ファイバ 12 及び出力用光ファイバ 13 は V 溝 26 によって軸心を所定位置に位置合わせされている。ホルダー 21 の前面に設けられたレンズアレイ 22 の前面には、微小な出射レンズ 23 (非球面レンズ) と入射レンズ 24 (非球面レンズ) が形成されている。このレンズアレイ 22 は、ホルダー 21 の前面に配置して両光ファイバ 12、13 から出射された光を両レンズ 23、24 を通して出射させることにより、両光ファイバ 12、13 と両レンズ 23、24 とを光軸を一致させて調芯した後、接着樹脂によってホルダー

21の前面に接着して固定される。

ミラー部材17の下面は、アクチュエータ18の可動部20の上に接着樹脂などによって固定されており、アクチュエータ18を駆動させることによってミラー部材17が側方向（図2に矢印で示す方法）に微小に移動できるようになっている。ファイバアレイ14は、ミラー部材17の正面に対向するように配置され固定されており、入力用光ファイバ12及び出射レンズ23の光軸はミラー15に対して45度の角度をなし、出力用光ファイバ13及び入射レンズ24の光軸はミラー16に対して45度の角度をなしている。こうして組み立てられた状態においては、ファイバアレイ14の前面とミラー部材17の前端面との間の端面距離は、500 $\mu$ mとなり、出射レンズ23から出射されて入射レンズ24に入射するまでの空間光路長は、2mmとなっている。

図6は、上記可変光減衰器11の動作とその作用を説明するための図である。

図6（a）は、互いに対向しているミラー部材17の中心とファイバアレイ14の中心とが一致している状態を表わしており、入力用光ファイバ12から出射された光は出射レンズ23によってコリメート光（ビーム径100 $\mu$ m）に変換され、出射レンズ23から出射された光27はミラー15で反射され、さらにミラー16で反射された後、ほぼ全光束が入射レンズ24に入射し、入射レンズ24で集光された光27が出力用光ファイバ13に入射して外部へ伝搬される。よって、この状態（光軸ずれが最小の状態）では、光減衰量は最小となっている。

図6（b）は、アクチュエータ18によってミラー部材17を白抜き矢印で示す方向（側方向）へ若干移動させた状態を表わしている。この状態では、入力用光ファイバ12から出射された光27は、ミラー15、16で反射された後、その一部だけが出力用光ファイバ13に入射する。よって、この状態では、光減衰量は大きくなっている。

図6（c）は、ミラー部材17を入射レンズ24の半径と等しい距離だけ白抜き矢印の方向へ移動させた状態を表わしている。この状態では、入力用光ファイバ12から出射された光27は、ミラー15、16で反射された後、ほぼ全体が入射レンズ24外へ照射されており、出力用光ファイバ13にはほとんど入射していない。よって、この状態では、光減衰量は最大となる。

本発明の可変光減衰器 11 にあっては、図 6 (a) と図 6 (c) との間での移動範囲においては、ミラー部材 17 を側方向の一方 (図 6 の下方) へ動かすことによって光減衰量を大きくでき、反対に側方向の他方 (図 6 の上方) へ動かすことによって光減衰量を小さくできるので、アクチュエータ 18 によりミラー部材 17 を移動させてミラー部材 17 の停止位置を精密に制御することにより光減衰量を精密に調整することができる。入力用光ファイバ 12 と出力用光ファイバ 13 との光軸間の距離が  $500\mu\text{m}$ 、ファイバアレイ 14 の前面とミラー部材 17 の前端面との間隔が  $500\mu\text{m}$ 、コリメート光のビーム径が  $100\mu\text{m}$ 、ミラー 15、16 の傾きが光軸に対して  $45$  度の可変減衰器において、入射レンズ 24 に入射する光の光軸と入射レンズ 24 の光軸との間の光軸ずれと光減衰量との関係を測定した結果を図 7 に示す。なお、図 7 では光減衰量は負値で表わされているが、この光減衰量の絶対値が大きいものを光減衰量が大きいと言うものとする。この測定結果からも分かるように、光軸のずれに伴って出力用光ファイバ 13 に入射する光が減衰していく様子が確認できる。尚、光軸のずれ量に対する光減衰量は、ビーム径、光路長、レンズ 23、24 の形状、ミラー 15、16 の傾きなどの条件によって決まる。

本発明の可変光減衰器は、入力用光ファイバ 12 から出射された光をミラー 15、16 で反射させることで、ある特定の角度に曲げて出射させる光路系において、ミラー部材 17 をスライドさせることで出力用光ファイバ 13 に入射する光ビームの光路をずらし、それによって出力用光ファイバ 13 に入射する光量を減衰させる構造としているので、以下のような特徴がある。

(1) 構造が単純であり、特に、ミラー部材 17 の前端面とファイバアレイ 14 の前面とは、互いに干渉しない限り、いくらでも近づけることができるので、容易に可変光減衰器を小型化することが可能になる。

(2) アクチュエータ 18 によってミラー部材 17 を直線状にスライドさせるだけでよい。ストローク制御は角度制御に比べて容易で、精度良く制御することが可能であるので、ミラー部材 17 の移動距離や出力用光ファイバ 13 に入射する光の光軸ずれの精度を得やすく、光減衰量を高い精度で制御することができる。

(3) 連続的に、かつ、無段階に光減衰量を変化させることができる。

(4) シャッタ方式による可変光減衰器のように、回折などが起きず、波長依存性などの不具合が生じない。

(5) 高価な光学素子を使用しないので、低コストで製造することができる。

図 8 は上記実施形態の変形例を示す分解斜視図であって、図 3 と同様、ミラー部材 17 及びアクチュエータ 18 と、ファイバアレイ 14 とを分離した状態で示している。この可変光減衰器 11 にあっては、二等辺直角三角形形状をしたガラス又はプラスチック製の三角プリズムによってミラー部材 17 を構成しており、90 度の角度をなして直交している辺面と空気との界面によってミラー 15 及び 16 が構成されている。また、三角プリズムの斜面（入力用光ファイバ 12、出力用光ファイバ 13 と対向する面）17a には、誘電体多層膜等からなる無反射（AR）コーティングを施しておくことが望ましい。

しかして、この変形例の可変光減衰器 11 にあっても、アクチュエータ 18 によって三角プリズムからなるミラー部材 17 を直動させることにより、図 9（a）（b）（c）に示すようにして光減衰量を調整することができる。すなわち、図 9（a）に示すように、ミラー部材 17 の中心とファイバアレイ 14 の中心とが一致している状態では、入力用光ファイバ 12 から出射された光 27 は出射レンズ 23 によってコリメート光（ビーム径  $100\ \mu\text{m}$ ）に変換され、ミラー部材 17 の内部に入射した光 27 はミラー 15 で全反射され、さらにミラー 16 で全反射された後にミラー部材 17 の外部へ出射され、ほぼ全光束が入射レンズ 24 に入射し、入射レンズ 24 で集光された光 27 が出力用光ファイバ 13 に入射して外部へ伝搬される。これは、光減衰量が最小の状態である。

図 9（b）に示すように、アクチュエータ 18 によってミラー部材 17 を白抜き矢印方向（側方向）へ若干移動させると、入力用光ファイバ 12 から出射された光 27 は、ミラー部材 17 内に入射してミラー部材 17 内でミラー 15、16 により 2 回全反射された後、その一部だけが出力用光ファイバ 13 に入射する。これは、光減衰量が中間の状態である。

図 9（c）に示すように、ミラー部材 17 を入射レンズ 24 の半径と等しい距離だけ白抜き矢印の方向へ移動させると、入力用光ファイバ 12 から出射された光 27 は、ミラー部材 17 内に入射してミラー部材 17 内でミラー 15、16 に

より2回全反射された後、ほぼ全体が入射レンズ24外へ照射される。これは、光減衰量が最大の状態である。

このようにミラー部材17としてプリズムを用いるようにすれば、市販のプリズムを使用することができるので、部品コストを安価にすることができる。

なお、この実施形態では、アクチュエータ18を用いてファイバアレイ14に対してミラー部材17を動かすようにしたが、これとは反対にミラー部材17を静止させてファイバアレイ14をアクチュエータ18で動かすようにしても差し支えない。

#### (第2の実施形態)

図10は本発明の第2の実施形態による可変光減衰器31を示す平面図である。この可変光減衰器31は、モニター出力機能を備えている。ファイバアレイ14には、シングルモードファイバ(コア径約 $10\mu\text{m}$ )からなる入力用光ファイバ12及び出力用光ファイバ13と共に、マルチモードファイバ(コア径約 $50\mu\text{m}$ )からなるモニタ用光ファイバ32が保持されており、モニタ用光ファイバ32は出力用光ファイバ13に近接する位置に配置されている。また、レンズアレイ22の前面にはモニタレンズ33が設けられており、モニタレンズ33は入射レンズ24に隣接する位置に配置されている。モニタレンズ33とモニタ用光ファイバ32とは光軸が一致するように調芯されている。その他の構成については、図2に示した第1の実施形態と同じであるので、説明を省略する。

図11は、可変光減衰器31の動作とその作用を説明する図である。図11(a)は、互いに対向しているミラー部材17の中心と入力用光ファイバ12及び出力用光ファイバ13の中間とが一致している状態を表わしており、入力用光ファイバ12から出射された光は出射レンズ23によってコリメート光に変換され、出射レンズ23から出射された光27はミラー15で反射され、さらにミラー16で反射された後、ほぼ全光束が入射レンズ24に入射し、入射レンズ24で集光された光27が出力用光ファイバ13に入射する。よって、この状態(光軸ずれが最小の状態)では、出力用光ファイバ13の受光量は最大となっている。一方、モニタレンズ33には、光27が入射していないので、モニタ用光ファイバ32の受光量は最小となっている。



図 1 1 (b) は、アクチュエータ 1 8 によってミラー部材 1 7 を白抜き矢印で示す方向（側方向）へ若干移動させた状態を表わしている。この状態では、入力用光ファイバ 1 2 から出射された光 2 7 は、ミラー 1 5、1 6 で反射された後、その一部だけが出力用光ファイバ 1 3 に入射し、また、その光 2 7 の一部がモニタ用光ファイバ 3 2 に入射する。よって、この状態では、出力用光ファイバ 1 3 に入射する光量は減少し、モニタ用光ファイバ 3 2 に入射する光量は増加する。

図 1 1 (c) は、ミラー部材 1 7 を入射レンズ 2 4 の半径と等しい距離だけ白抜き矢印の方向へ移動させた状態を表わしている。この状態では、入力用光ファイバ 1 2 から出射された光 2 7 は、ミラー 1 5、1 6 で反射された後、ほぼ全体がモニタレンズ 3 3 に照射されており、出力用光ファイバ 1 3 にはほとんど入射していない。一方、モニタ用光ファイバ 3 2 の受光量は最大となる。

本発明の可変光減衰器 3 1 にあつては、図 1 1 (a) の状態と図 1 1 (c) の状態との間での移動範囲においては、ミラー部材 1 7 を側方向の一方（図 1 1 の下方）へ動かすことによって光減衰量を大きくでき、反対に側方向の他方（図 1 1 の上方）へ動かすことによって光減衰量を小さくできるので、アクチュエータ 1 8 によりミラー部材 1 7 を移動させてミラー部材 1 7 の停止位置を精密に制御することにより光減衰量を精密に調整することができる。しかも、出力用光ファイバ 1 3 による受光量（又は、光減衰量）とモニタ用光ファイバ 3 2 による受光量との間には、一定の関係があるので、モニタ用光ファイバ 3 2 による受光量をモニター信号として出力させることにより、可変光減衰器 3 1 の光減衰量をモニターすることができ、高精度のフィードバックを行える。よって、このモニタ信号をアクチュエータ 1 8 へフィードバックさせることにより、光減衰量の調整精度をより高くすることができる。

図 1 2 は、図 7 の場合と同様な条件下で測定された、入射レンズ 2 4 に入射する光の光軸とレンズ 2 4 の光軸との間の光軸ずれと、出力用光ファイバ 1 3 での光減衰量及びモニタ用光ファイバ 3 2 での光減衰量との関係を表わしている。なお、図 1 2 におけるモニタ用光ファイバ 3 2 での光減衰量とは、出力用光ファイバ 1 3 における最大の受光量を基準として、モニタ用光ファイバ 3 2 の受光量から算出した光減衰量である（従って、図 1 2 の縦軸は、上方を正の向きにとった

対数目盛の受光量とを考えてもよい。) 。この測定結果からも分かるように、光軸のずれに伴って出力用光ファイバ 1 3 に入光する光が減衰していき、同時にモニタ用光ファイバ 3 2 の受光量は増加していく様子が確認でき、出力用光ファイバ 1 3 の光減衰量とモニタ用光ファイバ 3 2 の受光量との間には一定の関係があり、モニタ用光ファイバ 3 2 の受光量を知れば、可変光減衰器 3 1 の光減衰量を知ることができる。

入力用光ファイバ 1 2 及び出力用光ファイバ 1 3 としてはシングルモードファイバを用い、モニタ用光ファイバ 3 2 としてはマルチモードファイバを用い、ファイバアレイ 1 4 を混合ファイバアレイにしているが、これはモニタの受光感度を上げるためである。通常、通信用の光ファイバとしてはシングルモードファイバが使われており、そのため入力用光ファイバ 1 2 及び出力用光ファイバ 1 3 としては、シングルモードファイバを用いている。一方、モニタ用光ファイバ 3 2 は、通信用に使われるのではなく、内部で光量測定用にのみ使われるため、マルチモードファイバでも問題ない。しかも、図 1 3 (a) (b) に示すように、シングルモードファイバ (コア径約  $10 \mu\text{m}$ ) よりもマルチモードファイバ (コア径約  $50 \mu\text{m}$ ) の方がコア 3 4 の直径が大きいため、広範囲の光を集光できる利点があり、モニタ用に使用する場合には、モニタの受光感度を上げることのできるマルチモードファイバのほうが有効であるからである。

なお、ここではモニタ用光ファイバ 3 2 としてマルチモードファイバを用いたが、シングルモードファイバを用いても差し支えない。

### (第 3 の実施形態)

第 2 の実施形態による可変光減衰器 3 1 では、入射レンズ 2 4 に入射する光の光軸と入射レンズ 2 4 の光軸とが一致すれば、ほぼ全ての光が出力用光ファイバ 1 3 に入射し、モニタレンズ 3 3 に入射する光の光軸とモニタレンズ 3 3 の光軸とが一致すれば、ほぼ全ての光がモニタ用光ファイバ 3 2 に入射する。しかし、ファイバアレイ 1 4 の前面に入射する光 2 7 の光軸が入射レンズ 2 4 の光軸にもモニタレンズ 3 3 の光軸にも一致していない場合には、図 1 4 に示すように、光 2 7 の一部は出力用光ファイバ 1 3 に入射し、他の一部はモニタ用光ファイバ 3 2 に入射するが、残りの一部 (図 1 4 で斜線を施した領域) はモニタ用光ファイ

バ 3 2 に入射せず、モニタ感度を低下させている。また、モニタ感度が悪いばかりでなく、この光がファイバアレイの前面を照射することでファイバアレイ 1 4 の温度が上がり、可変光減衰器 3 1 の温度が高くなるという問題を生じる。

図 1 5 は本発明の第 3 の実施形態による可変光減衰器に用いられるファイバアレイ 1 4 の正面図である。この実施形態は、上記のような問題を考慮したものであり、入射レンズとモニタレンズが一体に結合されたハイブリッドレンズ 3 5 を用いている。このハイブリッドレンズ 3 5 は、図 1 6 (c) に示すような形状の入射レンズ 2 4 a とモニタレンズ 3 3 a を結合一体化したものであり、図 1 6 (a) (b) に示すような正面形状と下面形状を有している。まず、入射レンズ 2 4 a の形状を説明する。図 1 6 (c) に示した入射レンズ 2 4 a の内側の輪郭の円 3 7 は、コリメート光のビーム断面の半径と等しい半径の円を表わしている（これは、図 1 4 に示したような入射レンズ 2 4 の外形と同じである。）。また、外側の輪郭の円 3 6 は、円 3 7 よりも適当に大きな円を表わしており、これが入射レンズ 2 4 a の外径となる。円 3 6 の中心と円 3 7 の中心は一致しており、入射レンズ 2 4 a の光軸も当該中心と一致している。入射レンズ 2 4 a は、円 3 6 を外形とする球面又は非球面レンズから円 3 7 の外側の領域を 1 8 0 度の範囲にわたって除去した形状となっている。図 1 6 (c) に示すモニタレンズ 3 3 a の輪郭の円 3 8 は、ビーム断面の半径に比べて十分に大きな円であればよく（厳密には、後述のモニタ集光範囲よりも大きな円である。）、モニタレンズ 3 3 a は円 3 8 を外形とする球面又は非球面レンズから入射レンズ 2 4 a の重なり合う領域を除去した形状となっている。そして、モニタレンズ 3 3 a の一部除去された部分に入射レンズ 2 4 a の一部が嵌め込まれたような形状となるようにハイブリッドレンズ 3 5 が構成されている。なお、図 1 6 (b) に示すように出力用光ファイバ 1 3 は入射レンズ 2 4 a の光軸と一致するように配置され、モニタ用光ファイバ 3 2 はモニタレンズ 3 3 a の光軸と一致するように配置される。

図 1 7 は上記ハイブリッドレンズ 3 5 のより詳細な設計例を示している。まず、光ビームのビーム径と等しい半径の円 3 7 を描く。この円と外接するようにして光ビームのビーム径と等しい半径の円 3 9 を描く。ついで、円 3 9 に外接し、かつ、円 3 7 の中心を通る垂線（直線 4 0）と円 3 7 の交点を通る円 4 1 を描く

。さらに、円 3 7 と同心円状の大きな円 3 6 を描き、円 3 7 の外部のうち直線 4 0 の片側を除去して入射レンズ 2 4 a の形状を決める。また、円 3 9 と同心円状の大きな円 3 8 を描き、円 3 8 から入射レンズ 2 4 a と重なる領域を除去してモニタレンズ 3 3 a の形状を決める。ついで、円 3 6 の中心に光軸を有する球面又は非球面レンズを一部カットして上記のような入射レンズ 2 4 a の形状にする。また、円 3 8 の中心に光軸を有する球面又は非球面レンズを一部カットして上記のようなモニタレンズ 3 3 a の形状にする。円 4 1 内の領域から円 3 7 の領域を除いた領域はモニタ集光領域 4 2 であって、コリメート光の直径が  $100\ \mu\text{m}$  であるとする、モニタ集光領域 4 2 は直径が約  $175\ \mu\text{m}$  の領域となる。

ハイブリッドレンズ 3 5 は、非球面レンズ製造技術を応用して一体構造で製作される。個別に製作した 2 つのレンズ 2 4、3 3 を貼り合わせても良いが、結合部分で光の損失が生じるので、一体成形することが望ましい。

図 1 8 (a) (b) (c) (d) はハイブリッドレンズ 3 5 によるコリメート光の分割推移の様子を説明する図である。図 1 8 (a) に示すように、円 3 7 内に光 2 7 が入射している場合には、ほとんど全ての光 2 7 が入射レンズ 2 4 a に入射して入射レンズ 2 4 a により集光され、出力用光ファイバ 1 3 に入射する。これに対し、光 2 7 がモニタレンズ 3 3 a 側へ少し移動すると、光 2 7 の照射領域が円 3 7 からはみ出すので、円 3 7 内の光 2 7 は入射レンズ 2 4 により集光されて出力用光ファイバ 1 3 に入射するが、円 3 7 からはみ出てモニタ集光領域 4 2 に入った光 2 7 は全てモニタレンズ 3 3 a で集光され、モニタ用光ファイバ 3 2 で受光される。さらに光 2 7 が大きく移動し、光 2 7 の照射領域の大部分が円 3 7 からはみ出すと、円 3 7 内のわずかな光 2 7 が入射レンズ 2 4 により集光されて出力用光ファイバ 1 3 に入射するが、円 3 7 からはみ出てモニタ集光領域 4 2 に入っている大部分の光 2 7 はモニタレンズ 3 3 a で集光され、モニタ用光ファイバ 3 2 で受光される。さらに、光 2 7 の照射領域が完全に円 3 7 からはみ出すと、ほぼ全ての光 2 7 がモニタレンズ 3 3 a で集光され、モニタ用光ファイバ 3 2 で受光される。

これらのいずれの状態においても、入射レンズ 2 4 a からはみ出した光（例えば、図 1 7 に示した光 2 7）は全てモニタレンズ 3 3 a で集光されてモニタ用光

ファイバ 3 2 で受光され、モニター用に使用されていることが分かる。よって、図 1 4 に示したように、入射レンズ 2 4 でもモニタレンズ 3 3 でも受光されない光が無くなり、モニタ感度とモニタ精度が向上する。また、可変光減衰器 3 1 を温度上昇させる原因になったりするのを防止することもできる。

上記の動作から分かるように、入射レンズ 2 4 a としては、図 3 7 で表わされる球面又は非球面レンズであればよく、モニタレンズ 3 3 a としては、図 4 1 で表わされる球面又は非球面レンズから図 3 7 の部分を除いたものであればよいが、この実施形態では入射レンズ 2 4 a を図 3 7 よりも大きくして、モニタレンズ 3 3 a もモニタ集光領域 4 2 の領域よりも大きくしている。これは、図 3 7 の領域やモニタ集光領域 4 2 からはみ出た微弱な光もハイブリッドレンズ 3 5 によって集光させ、出力用光ファイバ 1 3 又はモニタ用光ファイバ 3 2 へ入射させるようにし、ファイバアレイ 1 4 などの温度上昇を少しでも減らすためである。

尚、従来の可変光減衰器は、モニタ機能を有していない。そのため、図 1 9 に示すように、可変光減衰器 4 3 の後段に可変光減衰器 4 3 から出力された光を 9 9 : 1 に分岐させるスプリッタ 4 4 を接続し、9 9 % の光を光出力として使用し、1 % の光をモニタ出力として利用している。しかし、このような構成では、光出力がロスするという問題と、モニタ精度が悪いという問題がある。前者の問題は、このような方法では可変光減衰器 4 3 からの出力を 9 9 : 1 に分割しているため、スプリッタ 4 4 からの出力は可変光減衰器 4 3 からの出力の 9 9 % となり、必ず 1 % の出力を損失するためである。また、後者の問題は、モニタ出力される光量は可変光減衰器 4 3 からの出力の 1 % のみであり、この 1 % の光を使って残りの 9 9 % の光を算出しなければならないので、モニタ精度が悪く、フィードバック制御しても、光出力量の補正精度が悪いためである。

これに対し、本発明の第 2 及び第 3 の実施形態では、可変光減衰器からの出力は 1 0 0 % 後段に出力されるので、光出力のロスが少ない。また、可変光減衰器の入力と出力との差がモニタ出力となるので、モニタリング光量（絶対値）が大きくなり、光減衰量を高精度に制御可能になる。特に、ハイブリッドレンズ 3 5 を用いた第 3 の実施形態では、光のロスがほとんどないので、より一層高精度に制御可能になる。

#### (第4の実施形態)

図20は本発明の第4の実施形態を示す概略ブロック図であって、制御回路内蔵可変減衰器45を表わしている。制御回路内蔵可変減衰器45は、アクチュエータ18、ミラー部材17、ファイバアレイ14を備えており、これらによって第3の実施形態のようなモニター機能付きの可変光減衰器が構成されている。制御回路内蔵可変減衰器45は、さらにアクチュエータ18を駆動するための駆動回路46、駆動回路46を通してアクチュエータ18を制御し、ファイバアレイ14に戻るコリメート光の光軸ずれを制御する制御回路47、ファイバアレイ14のモニタ用光ファイバ32から出力されたモニタ光を受光するフォトダイオード(PD)等の受光素子48、受光素子48からの出力信号を増幅して制御回路47にフィードバック信号を入力する増幅回路49を備えている。また、制御回路47は、制御電圧又は制御信号を通じて上位システム50と通信する。

次に、この制御回路内蔵可変減衰器45により光減衰量を調整するための制御動作を説明する。図22はこの制御動作を表わしたフロー図である。光減衰量を調整又は再調整する際には、制御回路47は、まず駆動回路46に制御信号を出力してアクチュエータ18を駆動し、図21(a)に示すように、ファイバアレイ14へ戻ってくる光が全てモニタレンズ33に入射する位置で(あるいは、受光素子48で受光しているモニター光をモニターしながら、モニター光の光量が最大となる位置で)ミラー部材17を停止させる(ステップS1)。このときのモニタ用光ファイバ32の受光量を、光入力の入射光量 $I_1$ とみなしてメモリに記憶する(ステップS2)。ついで、この入射光量 $I_1$ の値から、光出力を規格値 $O_1$ に保つことができる光減衰量を演算する。

次に、制御回路47は、演算された光減衰量となるように駆動回路46に制御信号(制御電圧)を出力し(ステップS3)、駆動回路46を通じてアクチュエータ18でミラー部材17を戻す(ステップS4)。図21(b)に示すように、こうして演算された光減衰量となる位置でミラー部材17が停止すると、出力用光ファイバ13から外れてモニタ用光ファイバ32に入射している光量を受光素子48で測定し(ステップS5)、受光素子48から出力される信号を増幅回路49で増幅してモニター信号として制御回路47へフィードバックさせる。制

制御回路 47 は、このモニター信号からモニター光の光量  $O_2$  を算出し、さらに出力用光ファイバ 13 からの出射光量  $O_3 = I_1 - O_2$  を演算する。

この出射光量の演算値  $O_3$  が規格値  $O_1$  に等しいか否かを判定し（ステップ S6）、等しくない場合には、制御回路 47 は、モニター光の光量  $O_2$  から演算した出射光量  $O_3$  と規格値  $O_1$  とを比較し、出射光量が規格値  $O_1$  に近づくようにミラー部材 17 の位置をフィードバック制御し、出射光量を補正する。

なお、光軸ずれが小さい領域では、モニタ用光ファイバ 32 の受光量が小さくなるので、光軸ずれがゼロの位置、又はモニタ用光ファイバ 32 の受光量がゼロになる位置を見い出すのは困難である。このような場合には、モニタ用光ファイバ 32 の受光量がゼロに近くなる前のモニター光量の変化率と予め記憶させられているデータとに基づいて、モニター光量がゼロになる位置を予測するようにすればよい。

#### （第 5 の実施形態）

図 23 は本発明の第 5 の実施形態を示す概略ブロック図であって、制御回路内蔵可変減衰器 145 を表わしている。この制御回路内蔵可変減衰器 145 は、アクチュエータ 18、ミラー部材 17、レンズアレイ 22、ファイバアレイ 14 等を備えており、これらによって第 3 の実施形態のようなモニター機能付きの可変光減衰器が構成されている。制御回路内蔵可変減衰器 145 は、さらにアクチュエータ 18 を駆動するための駆動回路 46、駆動回路 46 を通してアクチュエータ 18 を制御し、ファイバアレイ 14 に戻るコリメート光の光軸ずれを制御する制御回路 47 を備えている。制御回路 47 は、制御電圧又は制御信号を通じて上位システム 50 と通信する。さらに、制御回路内蔵可変減衰器 145 は、ファイバアレイ 14 のモニタ用光ファイバ 32 から出力されたモニタ光を受光するフォトダイオード（PD）等の受光素子 48、入力用光ファイバ 12 からファイバアレイ 14 に入射する光の一部を分岐させて取り出す光分岐器 147、光分岐器 147 から分岐された光を受光するフォトダイオード（PD）等の受光素子 148、受光素子 48、148 からのモニター信号を増幅する増幅回路 49 及び 149、演算回路 146 を備えている。この光分岐器 147 は、ハーフミラーやスプリッタなどによって構成されている。

次に、この制御回路内蔵可変減衰器 1 4 5 により光減衰量を調整するための制御動作を説明する。図 2 4 はこの制御動作を表わしたフロー図である。光分岐器 1 4 7 は、入射光をファイバアレイ 1 4 側と受光素子 1 4 8 側とにそれぞれ  $m : n$  の比率で分岐させるものとする。このとき入力用光ファイバ 1 2 に入射する入射光量を  $I 4$  とすると、光分岐器 1 4 7 から受光素子 1 4 8 へ分岐される光の光量  $I 5$  は、

$$I 5 = n \cdot I 4 / (m + n)$$

となり、ファイバアレイ 1 4 側へ送られて入力用光ファイバ 1 2 の先端から出射される光の光量  $I 1$  は、

$$I 1 = m \cdot I 4 / (m + n) = (m / n) I 5$$

となる。従って、制御回路内蔵可変減衰器 1 4 5 において、入力用光ファイバ 1 2 から入射する入射光の一部を光分岐器 1 4 7 で受光素子 1 4 8 側へ分岐させ (S 1 1)、分岐された光の光量  $I 5$  を受光素子 1 4 8 で計測すれば、演算回路 1 4 6 によってミラー部材 1 7 に入射する光の入射光量  $I 1$  が、 $I 1 = (m / n) I 5$  として求められ、求められた入射光量  $I 1$  の値は制御回路 4 7 へ送られる。(S 1 2)。

ついで、制御回路 4 7 より、入射光量  $I 1$  の値から光出力を規格値  $O 1$  に保つことができる光減衰量を演算する。制御回路 4 7 は、演算された光減衰量となるように駆動回路 4 6 に制御信号 (制御電圧) を出力し (ステップ S 1 3)、駆動回路 4 6 を通じてアクチュエータ 1 8 でミラー部材 1 7 を移動させる (ステップ S 1 4)。こうして演算された光減衰量となる位置でミラー部材 1 7 が停止すると、モニタ用光ファイバ 3 2 に入射している光量  $O 2$  を受光素子 4 8 で測定し (ステップ S 1 5)、受光素子 4 8 から出力されるモニター信号を演算回路 1 4 6 へフィードバックさせる。演算回路は、受光素子 1 4 8 から受け取っている入射側モニター光の光量  $I 5$  から入射光量  $I 1 = (m / n) I 5$  を演算すると共に受光素子 4 8 から受け取っている出射側モニター光の光量  $O 2$  から出力用光ファイバ 1 3 の出射光量  $O 3 = I 1 - O 2$  を演算する。

この出射光量の演算値  $O 3$  が規格値  $O 1$  に等しいか否かを判定し (ステップ S 1 6)、等しくない場合には、制御回路 4 7 は、モニター光の光量  $O 2$  から演算



した出射光量 $O_3$ と規格値 $O_1$ とを比較し、出射光量が規格値 $O_1$ に近づくようにミラー部材17の位置をフィードバック制御し、出射光量を補正する。

この実施形態によれば、入射光量 $I_1$ を常に監視することができるので、入射光量変動する場合でもリアルタイムに入射光量 $I_1$ を求めて正確に出射光量を規格値 $O_1$ と等しくなるように制御することができる。

#### (第6の実施形態)

図25は本発明の第6の実施形態を示す概略ブロック図であって、定減衰量制御を実現するための制御回路内蔵可変減衰器245を表わしている。この制御回路内蔵可変減衰器245も、アクチュエータ18、ミラー部材17、ファイバアレイ14からなる、第3の実施形態のようなモニター機能付きの可変光減衰器を備えている。制御回路内蔵可変減衰器245は、さらにアクチュエータ18を駆動するための駆動回路46、アクチュエータ18を制御してファイバアレイ14に戻るコリメート光の光軸ずれを制御する制御回路47、ファイバアレイ14のモニタ用光ファイバ32から出力されたモニタ光を受光する受光素子48、受光素子48からの出力信号を増幅して制御回路47にフィードバック信号を入力する増幅回路49を備えている。

次に、この制御回路内蔵可変減衰器45により光減衰量を一定に保つための制御動作を説明する。図26(a)(b)は、この実施形態の制御回路内蔵可変減衰器245により定減衰量制御を行うための原理を説明する図である。前記のようなハイブリッドレンズ35を用いていると、入力用光ファイバ12からミラー部材17へ入射する入射光量 $I_1$ と出力用光ファイバ13へ出射する出射光量 $O_3$ とモニタ用光ファイバ32で受光されるモニター光量 $O_2$ との間には、

$$\text{入射光量 } I_1 = [\text{出射光量 } O_3] + [\text{モニター光量 } O_2]$$

の関係があるので、モニター光量 $O_2$ が一定値となるように制御回路内蔵可変減衰器245を制御すれば、

$$[\text{入射光量 } I_1] - [\text{出射光量 } O_3] = \text{一定値 (モニター光量 } O_2)$$

となる。よって、図25に示したような制御回路内蔵可変減衰器245において、受光素子48で受光しているモニター光量 $O_2$ が一定になるように制御すれば、

$$\text{出射光量 } O_3 = [\text{入射光量 } I_1] - [\text{一定減衰量}]$$

となる。すなわち、図 26 (a) の状態から図 26 (b) の状態への変化のように入射光量の変動しても、入射光量の変化に拘わらず常に一定の減衰量を伴った出射光量を出力用光ファイバ 13 から出力させることができる。

図 27 は図 25 の制御回路内蔵可変減衰器 245 において定減衰量制御を行うための手順を説明したフロー図である。このフロー図に従って定減衰量制御を説明すると、まず制御回路 47 に減衰量の要求値  $\Delta D$  が上位システム 50 等から入力される。減衰量の要求値  $\Delta D$  が指定されると、制御回路 47 はその要求値をモニター光量  $O_2$  の要求値として記憶する (ステップ S21)。ついで、現在のモニター光量  $O_2$  を受光素子 48 で測定し (ステップ S22)、受光素子 48 から出力される信号を増幅回路 49 で増幅してモニター信号として制御回路 47 へフィードバックさせる。制御回路 47 は、現在のモニター光量  $O_2$  を把握すると、そのモニター光量  $O_2$  が要求値  $\Delta D$  に等しくなるように駆動回路 46 を通じてアクチュエータ 18 でミラー部材 17 を移動させる (ステップ S23)。

こうしてモニター光量  $O_2$  が演算された要求値  $\Delta D$  と等しくなるようにミラー部材 17 を制御した後、さらにモニタ用光ファイバ 32 へ入射しているモニター光量  $O_2$  を測定する (S24)。そして、測定したモニター光量  $O_2$  が要求値  $\Delta D$  に等しいか否かを判定し (ステップ S25)、等しくない場合には、制御回路 47 は、測定したモニター光量  $O_2$  とその要求値  $\Delta D$  とを比較し、モニター光量  $O_2$  が要求値  $\Delta D$  に近づくようにミラー部材 17 の位置をフィードバック制御し、モニター光量  $O_2$  を補正する。

図 28 は可変光減衰器 43 を用いて定減衰量制御を行わせるための従来の構成を示す図である。この従来方式においては、可変光減衰器 43 の前後にそれぞれスプリッタ 44a、44b を接続し、可変光減衰器 43 に入射する光の一部をスプリッタ 44a から取り出して受光素子 246 でモニターし、可変光減衰器 43 から出射される光の一部をスプリッタ 44b から取り出して受光素子 247 でモニターしている。そして、受光素子 246 で計測したモニター光量から可変光減衰器 43 に入射する入射光量を求め、受光素子 247 で計測したモニター光量から可変光減衰器 43 から出射する出射光量を求め、この入射光量から出射光量を

減算した差分値を減衰量の要求値 $\Delta D$ と比較し、入射光量と出射光量の差分値と減衰量の要求値 $\Delta D$ とが等しくない場合には、入射光量と出射光量の差が減衰量の要求値 $\Delta D$ に等しくなるように出射光量をフィードバック制御している。

このため従来方式では、図19の従来例で説明したのと同様に、光出力がロスするという問題と、モニタ精度が悪いという問題がある。ここで説明した本発明の実施形態によれば、このような問題を解消することができる。

#### (第7の実施形態)

図29又は図30は本発明の第7の実施形態による可変光減衰器51の構成を示す概略平面図である。この可変光減衰器51にあつては、ミラー部材が固定ミラー部材52と可動ミラー部材53とによって構成されており、固定ミラー部材52には入力用光ファイバ12から出射される光の光軸に対して $45^\circ$ の傾きを有するミラー54が形成され、可動ミラー部材53には、ミラー54に対して90度の角度をなすように傾いたミラー55が形成されている。固定ミラー部材52はファイバアレイ14に対して静止しているが、可動ミラー部材53はアクチュエータによりファイバアレイ14に対して光軸と平行な方向、あるいは直交する方向に直線上に移動できるようになっている。

図29(a)(b)は、可動ミラー部材53をファイバアレイ14の光軸と直交する方向へスライドさせるようにしたものを示している。図29(a)は、入力用光ファイバ12から出射された光27が、出射レンズ23でコリメート光に変換された後、ミラー54及びミラー55で反射し、すべての光束が入射レンズ24で集光されて出力用光ファイバ13に入射している様子を表わしている。図29(b)に白抜き矢印で示すように、可動ミラー部材53を側方向に移動させると、入力用光ファイバ12から出射された光27は、ミラー54、55で反射された後、その一部だけが入射レンズ24で集光されて出力用光ファイバ13に入射する。よって、この状態では、出力用光ファイバ13に入射する光量は減少する。

また、図30(a)(b)は、可動ミラー部材53をファイバアレイ14の光軸と平行な方向へスライドさせるようにしたものを示している。図30(a)は、入力用光ファイバ12から出射された光27が、出射レンズ23でコリメート

光に変換された後、ミラー 5 4 及びミラー 5 5 で反射し、すべての光束が入射レンズ 2 4 で集光されて出力用光ファイバ 1 3 に入射している様子を表わしている。図 3 0 (b) に白抜き矢印で示すように、可動ミラー部材 5 3 を前後方向に移動させると、入力用光ファイバ 1 2 から出射された光 2 7 は、ミラー 5 4、5 5 で反射された後、その一部だけが入射レンズ 2 4 で集光されて出力用光ファイバ 1 3 に入射する。よって、この状態でも、出力用光ファイバ 1 3 に入射する光量は減少する。

なお、これらの実施形態から分かるように、固定ミラー部材は光の方向を曲げる働きをしているだけであるので、2本の光ファイバを互いに 90 度の角度を成すようにしてファイバアレイに保持させれば、ミラーは 1 つだけあればよい（すなわち、固定ミラー部材を省くことができる。）。

#### (第 8 の実施形態)

図 3 1 は本発明の第 8 の実施形態による可変光減衰器 6 2 の構成を示す概略平面図である。この可変光減衰器 6 2 は、互いに 90 度の角度をなして谷状に対向する 2 つのミラー 5 7、5 8 を有する固定ミラー部材 5 6 と、互いに 90 度の角度をなして山状に配置された 2 つのミラー 6 0、6 1 を有する可動ミラー部材 5 9 とから構成されており、可動ミラー部材 5 9 はミラー 5 7、5 8 間の谷部の奥から直線状に出入りするようになっている。

しかして、図 3 1 (a) のように可動ミラー部材 5 9 が引っ込んでいる場合には、入力用光ファイバ 1 2 から出射され出射レンズ 2 3 でコリメート化された光 2 7 は、ミラー 5 7 及び 5 8 で反射された後、全てが入射レンズ 2 4 で集光されて出力用光ファイバ 1 3 に入射する。図 3 1 (b) に示すように、アクチュエータにより可動ミラー部材 5 9 をスライドさせて光 2 7 の光路に少し突出させると、ミラー 5 7 で反射された光の一部がミラー 6 0 で遮られ、ミラー 6 0 で反射された光 2 7 はモニタ用光ファイバ 3 2 で集光されてモニタ用光ファイバ 3 2 に入射する。一方、出力用光ファイバ 1 3 に入射する光量は減少する。さらに、可動ミラー部材 5 9 を突出させると、図 3 1 (c) のように出力用光ファイバ 1 3 に入射する光はさらに減少し、モニタ用光ファイバ 3 2 に入射する光量はさらに増加する。アクチュエータで可動ミラー部材 5 9 を大きく突出させてミラー 5 7 で

反射した光 27 の光路を完全に遮ると、出力用光ファイバ 13 には光 27 が入射しなくなり、ほぼ全ての光がモニタ用光ファイバ 32 に入射する。

従って、このような構造の可変光減衰器 62 によってもモニター機能を有する可変光減衰器を実現することができる。

なお、上記実施形態では、可動ミラー部材 59 の両面にミラー 60、61 を形成したが、ミラー 61 は無くてもよい。すなわち、ミラー 61 の形成されている面はミラーになっていなくてもよく、あるいは、ミラー 61 の形成されている傾斜面自体があっても、なくてもよい。

#### (アクチュエータの構造)

次に、上記アクチュエータ 18、特に自己保持機能を備えたアクチュエータの具体的構成を説明する。図 32 は、超小型のボイスコイルモータ (VCM) 63 を用いたアクチュエータである。音叉状に屈曲した継鉄 64 の上下内面には、それぞれ磁石 65、66 が取付けられており、磁石 65、66 間には磁界が発生している。ボイスコイル 67 は、コイルを環状に巻いて固めたものであり、ボイスコイル 67 内には一方の磁石 65 と継鉄 64 を挿通させてあり、ボイスコイル 67 は小さな力で磁石 65 に沿って滑らかに動くようになっている。しかして、ボイスコイル 67 に電流を流すと、ボイスコイル 67 に発生するフレミングの力により、ボイスコイル 67 は電流の向きに応じていずれかの向きに移動する。従って、何らかの連結部材を用いてボイスコイル 67 とミラー部材 17 を連結しておけば、ボイスコイルモータ 63 によってミラー部材 17 を直線状にスライドさせることができる。

このような超小型ボイスコイルモータは、光学ピックアップに用いられているものであり、CD や MD などの用途に用いられているボイスコイルモータ技術を応用して小型で精密に製作される。小型であること、応答性がよいこと、微細な送り ( $\mu\text{m}$  オーダー) ができることなどから、ボイスコイルモータはアクチュエータとして有効である。ただし、ボイスコイルモータは、復帰用のスプリングによって元の方向へ付勢されており、電流を流している間だけ推力が働いて変位が得られるため、電流を切っても状態を保持できるようにラッチ機構を付加することが望ましい。

ラッチ機構は、一般的な磁気回路で構成することができる。例えば、図 33 に示すような（図 51 も参照）ラッチ機構 68 を用いることができる。このラッチ機構 68 は、板バネ 69、コイル 70、マグネット 71 から構成されており、湾曲した板バネ 69 の基端部は保持部 74 に固定されている。また、板バネ 69 の先端部内面にはコイル 70 が取付けられており、コイル 70 はマグネット 71 と対向している。可動部 72 は板バネ 69 の先端部の下に位置しており、可動部 72 は板バネ 69 のバネ応力により先端部で押さえ付けられている。一方、ベース 73 の上面に立てられた保持部 74 には、弾性を有するワイヤ 75 の一端が固定されており、ワイヤ 75 の他端は可動部 72 に連結されている。可動部 72 はワイヤ 75 の弾性によりベース 73 から浮き上がるように付勢されているが、板バネ 69 により押える力の方が強くなっている。

従って、コイル 70 に通電していない時には、可動部 72 は板バネ 69 の先端部によってベース 73 に押しつけられており、動かないように固定されている。ラッチを解除したい時には、コイル 70 に電流を流してコイル 70 とマグネット 71 の間に電磁吸引力を発生させる。電磁吸引力によってコイル 70 がマグネット 71 の上部へ吸引されると、板バネ 69 の先端部が持ち上がって可動部 72 がベース 73 から浮き上がり、可動部 72 を動かすことができるようになる。よって、可動部 72 とボイスコイルモータ 63 のボイスコイル 67 とを連結しておくことにより、ボイスコイル 67 にラッチ機構を付加することができる。

なお、板バネ 69 と可動部 72 との間、あるいは可動部 72 とベース 73 の間にシリコンシートを挟み込んだり、あるいは、各接触部分をシリコンシートで形成しておけば、衝撃を和らげつつ、摩擦による保持力を向上させることができる。

ラッチ機構には、このほかにカムローラを使った方法、油圧を使った方法、形状記憶合金を使った方法など、いかなる方法を用いても差し支えない。保持力、消費電力、実装スペース等を考慮して選択すれば良い。

#### （別なアクチュエータの構造）

また、アクチュエータは、小型でリニア駆動できるものであれば、特にその方式は問わない。例えば、圧電素子の急速変形を利用した圧電アクチュエータでも

良い。このアクチュエータ 7 6 は、図 3 4 に示すように、移動物体 7 7 とウエイト部 7 9 とを圧電素子 7 8 を介して連結したものである。このアクチュエータ 7 6 を後退させる場合には、図 3 4 (a) から図 3 4 (b) に示すように、ゆっくりと、圧電素子 7 8 を収縮させていく。圧電素子 7 8 がゆっくりと収縮しているので、移動物体 7 7 は床 8 0 との摩擦のために静止したまま移動せず、ウエイト部 7 9 だけが後方へ移動する。ついで、図 3 4 (c) のように圧電素子 7 8 の収縮を急激に停止させると、質量の大きなウエイト部 7 9 の慣性のためにアクチュエータ 7 6 全体が後方へ移動する。ついで、圧電素子 7 8 を急速に伸張させると、質量の大きなウエイト部 7 9 は慣性のために移動できないので、移動物体 7 7 が後方へ移動させられる。このような図 3 4 (a) ~ (d) のような動作を何度も繰り返すことによりアクチュエータ 7 6 は後方へ微小距離ずつ移動していく。また、同様に、アクチュエータ 7 6 を前方へ移動させることも可能である。しかも、このようなアクチュエータ 7 6 では、圧電素子 7 8 を駆動しないときには、任意の位置で静止することができ、ラッチ機構と同様な働きをすることができる。

(さらに別なアクチュエータの構造)

アクチュエータとして超音波リニアモータ 8 1 を用いてもよい。図 3 5 は超音波リニアモータ 8 1 の一部を拡大して示したものである。超音波リニアモータ 8 1 は、弾性材料からなるステータ 8 2 とステータ 8 2 の表面に接触しているスライダ 8 3 からなる。超音波リニアモータ 8 1 を駆動すると、ステータ 8 2 の表面粒子は図に示すように楕円運動をし、これによってステータ 8 2 の表面をレーレイ波が伝搬し、ステータ 8 2 とスライダ 8 3 の間の摩擦によってスライダ 8 3 がステータ 8 2 の表面に沿って移動させられるものである。よって、このスライダ 8 3 にミラー部材 1 7 を固定しておけばよい。また、超音波リニアモータ 8 1 が駆動されていない場合には、ステータ 8 2 とスライダ 8 3 との間の摩擦によってスライダ 8 3 は動かないので、超音波リニアモータ 8 1 はラッチ機構と同様な働きを備えている。

(さらに別なアクチュエータの構造)

アクチュエータとしては、小型カメラや小型ムービー用に使用されるマイクロ

ステッピングモータ技術を応用してもよい。図36に示すアクチュエータは、ステッピングモータ84の回転軸に設けたリードスクリュー85をミラー部材17に設けたナット（雌ネジ孔；図示せず）に挿通させたものである。ミラー部材17が回転しないようにしてあれば、ステッピングモータ84でリードスクリュー85を回転させることにより、ミラー部材17をステッピングモータ84の軸方向に沿って移動させることができる。

また、図37に示すものはステッピングモータ84の回転軸に取付けたウォームギア86を、ステッピングモータ84の回転軸と直交するように配置して軸支されたリードスクリューに噛み合わせたものである。このアクチュエータによれば、ウォームギア86を介してステッピングモータ84でリードスクリュー85を回転させることにより、ミラー部材17をステッピングモータ84の軸方向と直交する方向へ移動させることができる。

#### （別なラッチ機構の構造）

次に、ボイスコイルモータ等のアクチュエータによりミラー部材17を移動させた後、アクチュエータの電源をオフにしてもミラー部材17をその位置に保持できるようにするためのラッチ機構68の別な実施形態を説明する。

図38は別なラッチ機構68を示す分解斜視図、図39（a）（b）は可動部が下降している時の側面図及び平面図、図40は可動部が上昇している時の側面図である。このラッチ機構68にあっては、基板111の上面中央部に駆動部112が設置されている。駆動部112は、ケーシング113内の上部においてアマチュア114が軸115で回転自在に支持されており、ケーシング113の上面でアマチュア114が露出している。アマチュア114の一方端部上面には、突起116が設けられている。この駆動部112は、電気信号によってアマチュア114を回転させ、アマチュア114の傾き方向を切り換えられるようになっている。

この駆動部112は、電源オン時には突起116が上方へ突出するようにアマチュア114が傾けられ、電源オフ時には突起116が下方へ引っ込むようにアマチュア114が傾けられる。あるいは、この駆動部112は自己保持型となってもよく、その場合には、アマチュア114を動かす場合には電力を必要と



するが、アマチュア 114 を所定角度に動かした後は、電力をオフにしてもアマチュア 114 は自己保持されてその状態に固定される。このような自己保持型の駆動部 112 は、例えば自己保持型電磁リレー（ラッチングリレー）などにおいて接点バネを駆動するために用いられる機構部を用いることができ、内部には通電により励磁されてアマチュアを動かす電磁石や、非通電時にアマチュアをその角度にロックさせるためのラッチ機構などが内蔵されている。ただし、以下においては駆動部 112 は自己保持型でないものとして説明する。

駆動部 112 の後方では、基板 111 の上面にバネ支持部 117 が立設されており、バネ支持部 117 の前面両側部にはそれぞれ複数本の線状バネ 118 の基端部が固定されている。また、駆動部 112 の前方には可動部 119 が配置されており、可動部 119 は複数本の線状バネ 118 の先端部に連結されて線状バネ 118 によって弾性的に支持されている。可動部 119 は、外力が加わっていない場合には、線状バネ 118 の弾性によって基板 111 から浮いた状態で所定の高さに保持される。可動部 119 の正面にはミラー部材 17 が固定される。

駆動部 112 は、線状バネ 118 によって支持されて基板 111 から浮き上がっている状態では、ボイスコイルモータ等のアクチュエータを用いて横方向へ移動させることができるようになっている。可動部 119 の両側部からはそれぞれ、駆動部 112 の両側面へ向けてストッパ 120 が突出しており、ストッパ 120 が駆動部 112 等に当接することにより可動部 119 の横移動する範囲を制限するようにしている。

バネ支持部 117 の上面には弾性部材 121 が固定されている。弾性部材 121 は、板バネによって略 T 字状に形成されており、基端部の幅が広がった部分がバネ支持部 117 の上面に固定されている。また、弾性部材 121 の先端部下面には突起 122 が設けられており、弾性部材 121 の先端部及び突起 122 が可動部 119 の上面に対向している。アマチュア 114 の前端部に設けられた突起 116 は、弾性部材 121 の前部下面に対向している。この弾性部材 121 が可動部 119 を押し下げる力は、線状バネ 118 が可動部 119 を持ち上げる力よりも大きくなっており、弾性部材 121 にアマチュア 114 から力が加わっていない状態では、弾性部材 121 は突起 122 によって可動部 119 を押し下げ

、可動部 1 1 9 を基板 1 1 1 に押し付けて動けないようにロックする。

しかして、図 3 9 (a) に示すように、駆動部 1 1 2 が電源オフでアマチュア 1 1 4 が突起 1 1 6 の設けられている側で下がっている場合には、可動部 1 1 9 は弾性部材 1 2 1 によって押し下げられて下降しており、基板 1 1 1 に押しつけられてロックされている。

一方、図 4 0 に示すように、駆動部 1 1 2 の電源をオンにしてアマチュア 1 1 4 を駆動し、突起 1 1 6 の設けられている側を上に出させた場合には、弾性部材 1 2 1 は突起 1 1 6 で押し上げられて湾曲し、弾性部材 1 2 1 の突起 1 2 2 が可動部 1 1 9 から離れ、可動部 1 1 9 は線状バネ 1 1 8 の弾性力によって基板 1 1 1 から浮き上がらせられる。この状態においては、アクチュエータによって可動部 1 1 9 を横方向に動かすことができるので、ミラー部材 1 7 を取り付けられた可動部 1 1 9 をアクチュエータで動かすことにより光減衰量を自由に調整することができる。

光減衰量が所望の値に調整されたら、駆動部 1 1 2 の電源をオフにすると、再びアマチュア 1 1 4 が反転して突起 1 1 6 が下がる。その結果、可動部 1 1 9 が弾性部材 1 2 1 の弾性力によって押し下げられて基板 1 1 1 に押し付けられ、再びロックされる。よって、このようなラッチ機構 6 8 を用いれば、アクチュエータによりミラー部材 1 7 を移動させる場合にだけ駆動部 1 1 2 に通電すればよく、ミラー部材 1 7 を位置調整して可動部 1 1 9 をロックした後は駆動部 1 1 2 に通電する必要が無く、ラッチ機構 6 8 を省電力化することができる。

(さらに別なラッチ機構の構造)

図 4 1 (a) (b) はさらに別なラッチ機構 6 8 の、可動部 1 1 9 が上昇している時の側面図及び平面図、図 4 0 は可動部 1 1 9 が下降しているときの側面図である。この実施形態によるラッチ機構 6 8 は、図 3 8 に示した実施形態とほぼ同様な構造を有しているが、アマチュア 1 1 4 及び弾性部材 1 2 1 の構造は図 3 8 のものとは異なっている。この実施形態においては、基板 1 1 1 の両側端縁に一对の支柱 1 2 3 が立てられており、弾性部材 1 2 1 の中央部下面に固定された回転軸 1 2 4 の両端部が支柱 1 2 3 によって回転自在に支持されている。よって、弾性部材 1 2 1 は回転軸 1 2 4 を中心として回転するようになっている。駆動

部 1 1 2 の上面に露出しているアマチュア 1 1 4 の後端部に突起 1 1 6 が設けられており、この突起 1 1 6 は弾性部材 1 2 1 の後部（回転軸よりも後方）下面に対向している。駆動部 1 1 2 は、電源オフ時には突起 1 1 6 が上に突出するようにアマチュア 1 1 4 が傾き、電源オン時には突起 1 1 6 が下方へ引っ込むようにアマチュア 1 1 4 が傾くようになっている。

しかして、駆動部 1 1 2 が電源オフとなっている場合には、図 4 2 に示すように、アマチュア 1 1 4 が傾いて突起 1 1 6 の設けられている後部が上方へ突出しているため、突起 1 1 6 によって弾性部材 1 2 1 の後部が上方へ押し上げられ、その反動により弾性部材 1 2 1 の前部に設けられている突起 1 2 2 が可動部 1 1 9 を弾性的に押し下げている。その結果、可動部 1 1 9 は基板 1 1 1 に押しつけられていて、横方向に動けないようロックされている。

これに対し、駆動部 1 1 2 を電源オンにすると、図 4 1 (a) に示すように、アマチュア 1 1 4 が反転して突起 1 1 6 の設けられている後部が下がって弾性部材 1 2 1 から離れるので、ミラー部材 1 7 を取り付けられている可動部 1 1 9 は線状バネ 1 1 8 によって持ち上げられ、アクチュエータによって横方向へ移動させることができるようになる。

こうしてアクチュエータで 1 1 9 を動かしてミラー部材 1 7 の位置を調整した後、再び駆動部 1 1 2 の電源をオフにすると、突起 1 1 6 が上に上がって弾性部材 1 2 1 の後部を押し上げ、可動部 1 1 9 は基板 1 1 1 に押しつけられる。よって、ミラー部材 1 7 の位置調整をされた状態で可動部 1 1 9 は動かないようにロックされる。

（さらに別なラッチ機構の構造）

図 4 3 (a) (b) はさらに別なラッチ機構 6 8 の構造と動作を説明するための側面図である。この実施形態では、以下に説明するように、駆動部 1 1 2 のアマチュア 1 1 4 を板バネなどの弾性体で形成することにより、アマチュア 1 1 4 に弾性部材の機能を持たせたものである。この実施形態で用いられている駆動部 1 1 2 では、アマチュア 1 1 4 の前部をケーシング 1 1 3 の外部まで伸ばし、さらに、アマチュア 1 1 4 を回動させたときにアマチュア 1 1 4 がケーシング 1 1 3 に衝突しないようアマチュア 1 1 4 の前部をステップ状に屈曲させている。そ

して、アマチュア 1 1 4 の前端部下面に突起 1 1 6 を設け、突起 1 1 6 を可動部 1 1 9 の上面に対向させている。駆動部 1 1 2 は電源オフの状態においては、突起 1 1 6 の設けられている前部が下がっており、電源オンにすると、アマチュア 1 1 4 が回転して突起 1 1 6 の設けられている前部が上方へ上がる。

しかして、駆動部 1 1 2 が電源オフとなっている場合には、図 4 3 (b) に示すように、アマチュア 1 1 4 の突起 1 1 6 が設けられている前部が下降しており、突起 1 1 6 によって可動部 1 1 9 が基板 1 1 1 に押しつけられてロックされている。これに対し、駆動部 1 1 2 の電源をオンにすると、図 4 3 (a) に示すように、アマチュア 1 1 4 が傾いて突起 1 1 6 の設けられている前部が可動部 1 1 9 の上面よりも上に上がり、可動部 1 1 9 は線状バネ 1 1 8 によって持ち上げられる。この状態においては、アクチュエータにより可動部 1 1 9 を横に動かしてミラー部材 1 7 で光減衰量を調整することができる。調整後は、駆動部 1 1 2 の電源をオフにすると、再び図 4 3 (b) の状態となり、調整された状態で可動部 1 1 9 がロックされる。

(さらに別なラッチ機構の構造)

図 4 4 (a) (b) はさらに別なラッチ機構 6 8 の構造と動作を説明するための側面図である。この実施形態によるラッチ機構 6 8 では、可動部を用いる代わりに、圧電アクチュエータ 1 2 5 を使用している。すなわち、この実施形態では、基板 1 1 1 の両側端縁に一对の支柱 1 2 3 が立てられており、弾性部材 1 2 1 の中央部下面に固定された回転軸 1 2 4 の両端部が支柱 1 2 3 によって回転自在に支持されている。弾性部材 1 2 1 の前端部下面に設けられた突起 1 2 2 が、線状バネ 1 1 8 で支持された可動部 1 1 9 の上面に対向している。また、基板 1 1 1 の後部上面には、上下に伸縮する圧電アクチュエータ 1 2 5 が立てられており、弾性部材 1 2 1 の後部下面は圧電アクチュエータ 1 2 5 の上面に接合されている。

しかして、圧電アクチュエータ 1 2 5 に電圧が印加されていない状態では、図 4 4 (a) に示すように、弾性部材 1 2 1 の後部が押し上げられており、梃子の原理によって弾性部材 1 2 1 の前部が下方へ向けて回転させられ、突起 1 2 2 が可動部 1 1 9 の上面に弾性的に押し付けられる。その結果、可動部 1 1 9 は下降

して基板 1 1 1 に押しつけられてロックされている。これに対し、圧電アクチュエータ 1 2 5 に電圧を印加して圧電アクチュエータ 1 2 5 を収縮させると、図 4 4 (b) に示すように、弾性部材 1 2 1 の後部が引き下げられ、挺子の原理によって弾性部材 1 2 1 の前部が上方へ持ち上げられて突起 1 2 2 が可動部 1 1 9 の上面から離れる。その結果、可動部 1 1 9 は線状バネ 1 1 8 によって持ち上げられて上昇し、可動部 1 1 9 を横に動かしてミラー部材 1 7 で光減衰量を調整できるようになる。

(さらに別なラッチ機構の構造)

図 4 5 (a) (b) はさらに別なラッチ機構 6 8 の構造と動作を説明するための側面図である。この実施形態によるラッチ機構 6 8 では、可動部を用いる代わりに、電磁石 1 2 7 を使用している。すなわち、この実施形態でも、基板 1 1 1 の両側端縁に一对の支柱 1 2 3 が立てられており、弾性部材 1 2 1 の中央部下面に固定された回転軸 1 2 4 の両端部が支柱 1 2 3 によって回動自在に支持されている。弾性部材 1 2 1 の前端部下面に設けられた突起 1 2 2 は可動部 1 1 9 の上面に対向しており、弾性部材 1 2 1 の後端部下面には鉄片などの磁気吸着片 1 2 6 が固着されている。また、基板 1 1 1 の後部上面には、電磁石 (電磁コイル) が立てられており、弾性部材 1 2 1 の後部下面に設けられた磁気吸着片 1 2 6 は電磁石 1 2 7 と対向している。また、弾性部材 1 2 1 の前部下面と基板 1 1 1 の上面との間には、圧縮バネ 1 2 8 が張られており、弾性部材 1 2 1 の前部は圧縮バネ 1 2 8 によって下方へ引き下げられるように付勢されている。

しかして、図 4 5 (a) に示すように、電磁石 1 2 7 を消磁している場合には、弾性部材 1 2 1 の前部が圧縮バネ 1 2 8 の弾性力によって下方へ引き下げられるので、突起 1 2 2 が可動部 1 1 9 の上面に押し付けられる。その結果、可動部 1 1 9 は下降して基板 1 1 1 に押しつけられてロックされている。これに対し、図 4 5 (b) に示すように、電磁石 1 2 7 を励磁すると、弾性部材 1 2 1 の後端面に設けられた磁気吸着片 1 2 6 が圧縮バネ 1 2 8 の弾性力に抗して電磁石 1 2 7 に吸着されるので、挺子の原理によって弾性部材 1 2 1 の前部が上方へ持ち上げられて突起 1 2 2 が可動部 1 1 9 の上面から離れる。その結果、可動部 1 1 9 は線状バネ 1 1 8 によって持ち上げられて上昇する。よって、アクチュエータに

より可動部 119 を横に移動させることにより、ミラー部材 17 で光減衰量を調整することができる。

(具体的製品)

図 46～図 48 は可変光減衰器の具体的製品の組み立て手順を表わしている。組み立てにあたっては、基板 98 の上にファイバアレイ固定部 88、アクチュエータ 18 や必要に応じてラッチ機構 89 を実装しておく。ついで、図 46 に示すように、アクチュエータ 18 にミラー部材 17 を取付けて固定する。ついで、図 47 に示すように、ファイバアレイ固定部 88 にファイバアレイ 14 を取付け、入力用光ファイバ 12 から光を出射させながら調芯を行い、ファイバアレイ 14 の位置が定まったらファイバアレイ 14 をファイバアレイ固定部 88 に固定する。この後、図 48 に示すように、ファイバアレイ 14 やミラー部材 17、アクチュエータ 18 等を実装された基板 98 をパッケージ 90 内に納める。

図 49 は具体的な製品形態の一例を表わしている。これは制御回路を含まない構成例である。パッケージ 90 内にはアクチュエータ 18 が固定されており、アクチュエータ 18 にはミラー部材 17 が取付けられている。ミラー部材 17 に対向させてファイバアレイ固定部 88 にファイバアレイ 14 が取付けられている。ファイバアレイ 14 の光ファイバ 91 (入力用光ファイバ 12、出力用光ファイバ 13 など) はコネクタ 92 及びカバー 93 を通してパッケージ 90 の外部へ引き出されている。また、パッケージ 90 内には、アクチュエータ 18 の駆動回路 46 が納められている。

図 50 は制御回路を含んだ具体的構成例である。この例では、図 49 の構成要素に加えて、モニター用の受光素子 48、増幅回路 49、制御回路 47 もパッケージ 90 内に納められている。

図 51 は、図 49 の構成をより具体化したものを示している。すなわち、アクチュエータ 18 としては、ボイスコイルモータ 94 を用いている。すなわち、ベース 87 に固定されたマグネット 95 に対してボイスコイル 96 が対向しており、ボイスコイル 96 は可動部 72 に固定されている。また、ミラー部材 17 も可動部 72 に固定されている。ラッチ機構としては、図 33 に示したような構造のラッチ機構 68 を用いているが、図 51 では保持部 74 とワイヤ 75 と可動部 7

2だけを示しており、板バネ69、コイル70、マグネット71は省略している。保持部74に基端部を保持されているワイヤ75は弾性を有しており、その先端部に取り付けられている可動部72を上方へ浮き上がらせている。また、可動部72はワイヤ75に沿って摺動可能となっている。

しかして、ミラー部材17を動かないようラッチする時には、板バネ69が可動部72をベース87に押さえ付けている。ミラー部材17を動かす場合には、コイル70を励磁して板バネ69の先端を持ち上げると（図33参照）、ワイヤ75によって可動部72がベース87から浮き上がり、ボイスコイル96はマグネット95と対向する。ついで、ボイスコイル96を励磁すると、可動部72と共にボイスコイル96がスライドし、ミラー部材17が位置調整される。

図52も図49の構成をより具体化したものであって、ステッピングモータ84やリードスクリュー85、ウォームギア86などからなる図37のような構造のアクチュエータを用いている。ただし、ウォームギア86を介してリードスクリュー85を回転させることでステージ99をリードスクリュー85に沿って移動させるようにし、ステージ99の上にミラー部材17を固定している。また、ステージ99にガイドピン97を挿通させることによってステージ99をガイドし、スムーズにステージ99が移動できるようにしている。

次に、可変光減衰器の特殊な使用方法を説明する。図53は可変光減衰器100の光減衰量を0%と100%の2値とすることによってオン／オフ用スイッチとして使用できるようにしたものである。この可変光減衰器100は、図3等にした第1の実施形態による可変光減衰器11と同じ構造を有するものであるが、ミラー部材17がアクチュエータ18によって図53(a)に示すように全光束が入射レンズ24に入射している状態と、図53(b)に示すように全光束が入射レンズ24から外れている状態との間を一気に移動するようになっており、中間の状態で止まらないようになっている。例えば、反転バネのような機構を付加してもよい。このような可変光減衰器100は光減衰量が2値の特殊な可変光減衰器と考えることができ、オン／オフ用スイッチとして用いることができる。

図54は出力用光ファイバを2本平行に設けた可変光減衰器101であって、可変スプリッタとして用いることができるものである。すなわち、ファイバアレ

イ 1 4 の出力側には、2 本の出力用光ファイバ 1 3 a、1 3 b が互いに平行に保持されており、両出力用光ファイバ 1 3 a、1 3 b の端面に対向させてそれぞれ入射レンズ 2 4 を設けている。しかして、ミラー部材 1 7 が図 5 4 (a) の位置にある場合には、入力用光ファイバ 1 2 から出射された光は 1 0 0 % 出力用光ファイバ 1 3 a に入射し、ミラー部材 1 7 が図 5 4 (b) の位置にある場合には、入力用光ファイバ 1 2 から出射された光はミラー部材 1 7 の位置に応じた割合で出力用光ファイバ 1 3 a と出力用光ファイバ 1 3 b に入射し、ミラー部材 1 7 が図 5 4 (c) の位置にある場合には、入力用光ファイバ 1 2 から出射された光は 1 0 0 % 出力用光ファイバ 1 3 b に入射する。従って、この可変光減衰器 1 0 1 は、ミラー部材 1 7 をスライドさせることによって出力用光ファイバ 1 3 a と出力用光ファイバ 1 3 b の分割比率を任意に変えることができ、可変スプリッタとして使用することができる。

図 5 5 (a) (b) (c) は、前記ハイブリッドレンズ 3 5 の製造方法を説明する概略図である。これは、いわゆる 2 P (Photo-Polymerization) 法と言われるものであって、紫外線硬化樹脂を用いてレンズを成形する。まず、図 5 5 (a) に示すように、シリンジなどによってガラス基板 1 0 2 の上に紫外線硬化樹脂 1 0 3 を定量滴下する。ついで、紫外線硬化樹脂 1 0 3 の上からガラス基板 1 0 2 の上にスタンプ 1 0 4 を重ねる。スタンプ 1 0 4 の下面には、ハイブリッドレンズ 3 5 の反転した形状を有する凹型 1 0 5 が予め設けられている。ついで、スタンプ 1 0 4 をガラス基板 1 0 2 に押しつけることによって紫外線硬化樹脂 1 0 3 をスタンプ 1 0 4 の凹型 1 0 5 内に押し広げる。この後、図 5 5 (b) に示すように、ガラス基板 1 0 2 を通して紫外線硬化樹脂 1 0 3 に紫外線を照射し、紫外線硬化樹脂 1 0 3 を硬化させることによってハイブリッドレンズ 3 5 を成形する。ガラス基板 1 0 2 からスタンプ 1 0 4 を剥離させると、ガラス基板 1 0 2 の上面には紫外線硬化樹脂 1 0 3 によってハイブリッドレンズ 3 5 全体が一体に成形されている。なお、ここではハイブリッドレンズ 3 5 の成形についてのみ述べたが、出射レンズ 2 3 や入射レンズ 2 4 も同様にしてハイブリッドレンズ 3 5 と同時に成形される。これによってレンズアレイ 2 2 が製造される。

上記スタンプ 1 0 4 を製作するには、例えばレーザー加工によってハイブリッ



ドレンズ 35 と同じ形状を有する原型を作製した後、電鋳法等によって原型の上に Ni など堆積させて反転型を製作する。原型から剥離された反転型には、スタンパ 104 の凹型 105 と同じ凹型パターンが形成されている。ついで、反転型から原型の複製を制作し、さらに、この複製からスタンパ 104 を製作する。

なお、上記実施形態の説明中で記載した数値は一例であって、本発明は、上記のような数値に限定されるものではない。また、上記実施形態では、光伝送路として光ファイバを用いたが、光導波路を用いても差し支えない。

これまで説明したような本発明の可変光減衰器によれば、入力用光伝送路から出射された光を反射させる光反射面をアクチュエータによって直動させることにより、出力用光伝送路に入射する光の光軸を出力用光伝送路に相対的に移動させることができ、それによって光減衰量を変化させることができる。従って、入力用光伝送路から出射された光を反射させる光反射面をアクチュエータによって直動させるだけの簡単な構造であるため、可変減衰器を小型化することが可能になる。また、光反射面を直動させるだけであるので、光反射面の移動時のバラツキが光減衰率に敏感に応答することがなく、光減衰量を精度良く制御することができる。

よって、本発明によれば、簡単な構造によって光の光減衰量を制御することができ、したがって安価に可変光減衰器を製造することができる。

#### 産業上の利用可能性

例えば、比較的短距離の光伝送用や家庭用機器どうしを光ファイバで結んでデータや信号を伝送する用途などに用いることができる。

## 請求の範囲

1. 入力用光伝送路から入射した光を減衰させて出力用光伝送路へ出力させると共にその光減衰量を調整可能な可変光減衰器において、

前記入力用光伝送路と、前記出力用光伝送路と、前記入力用光伝送路から出射された光を前記出力用伝送路に向けて反射させる光反射面と、前記光反射面の全体又は一部を、前記入力用光伝送路又は前記出力用伝送路のうち少なくとも一方に対して相対的かつ直線状に移動させるアクチュエータとを備えた可変光減衰器。

2. 前記アクチュエータは、前記出射用光伝送路に向けて反射される光の光軸が前記出射用光伝送路の軸心に対して変位するように、前記光反射面の少なくとも一部、前記入力用光伝送路又は前記出力用光伝送路のうちいずれかを直線状に移動させることを特徴とする、請求項1に記載の可変光減衰器。

3. 前記入力用伝送路から出射されて前記出力用光伝送路に入射しない光を受光するモニター部を備えた、請求項1に記載の可変光減衰器。

4. 前記出力用光伝送路の光入射面に対向させて配置された入射レンズと、前記モニター部の光入射面に対向させて配置されたモニターレンズとを一体化した、請求項3に記載の可変光減衰器。

5. 前記モニター部からの出力に応じて、前記光反射面の位置を補正する機能を備えた、請求項3に記載の可変光減衰器。

6. 前記アクチュエータは、ボイスコイルモータとラッチ機構によって構成されている、請求項1に記載の可変光減衰器。

7. 90度の角度をなす2つの前記光反射面を備えたミラー部材と、前記ミラー部材を直線状に移動させる前記アクチュエータとを備えた、請求項1に記載の可変光減衰器。

8. 前記入力用光伝送路と前記出力用光伝送路を平行に並べて保持するファイバレイを備えた、請求項1に記載の可変光減衰器。

9. 前記光反射面は、屈折率の異なる透明媒質の境界面によって形成され、光を全反射させるものであることを特徴とする、請求項1に記載の可変光減衰器。

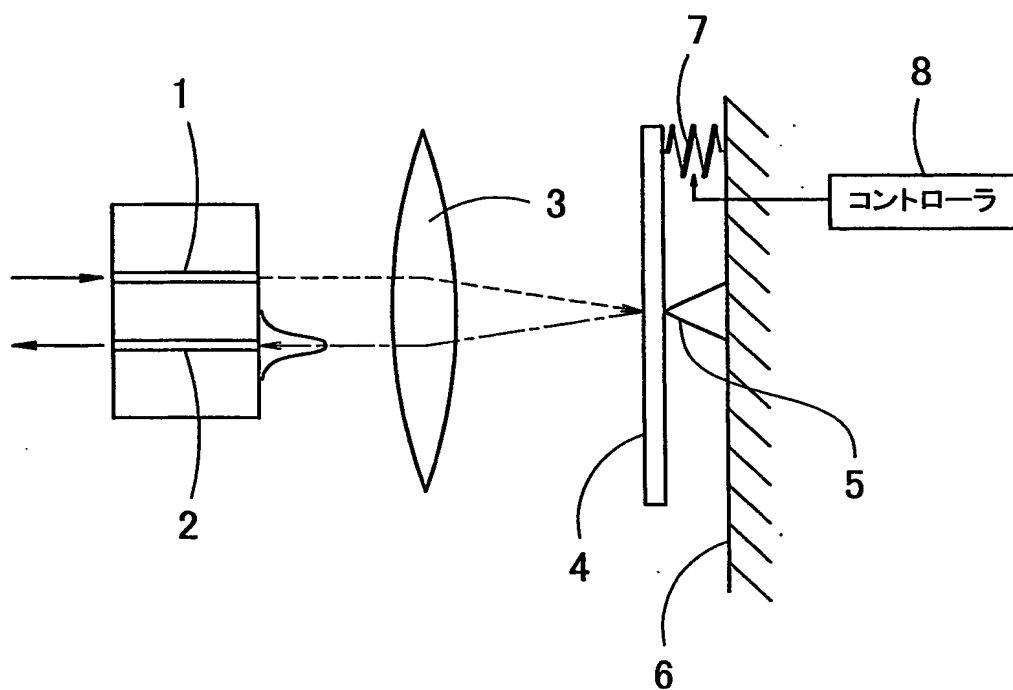


FIG.1

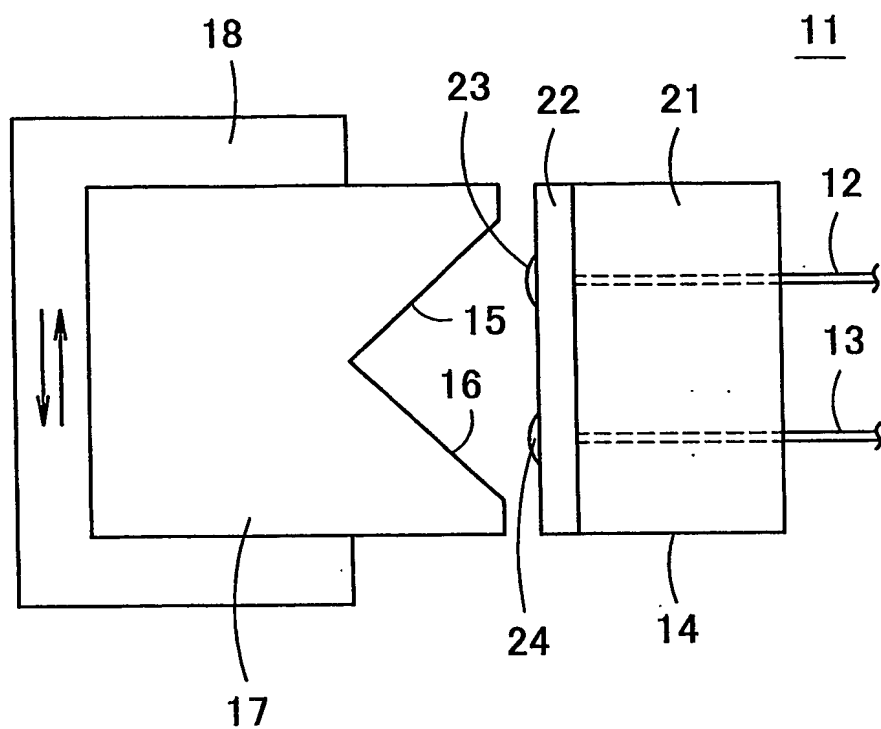


FIG.2

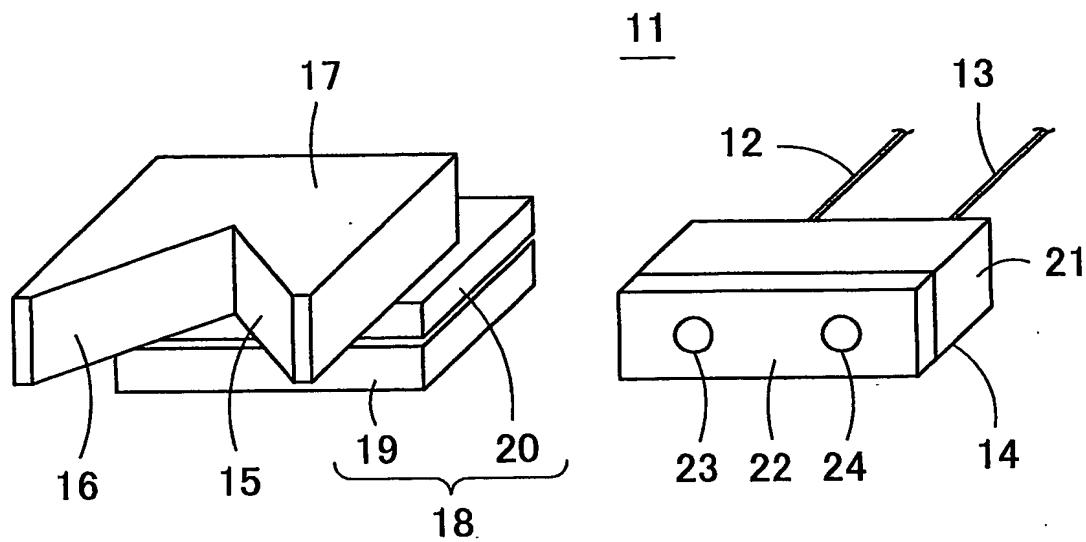


FIG.3

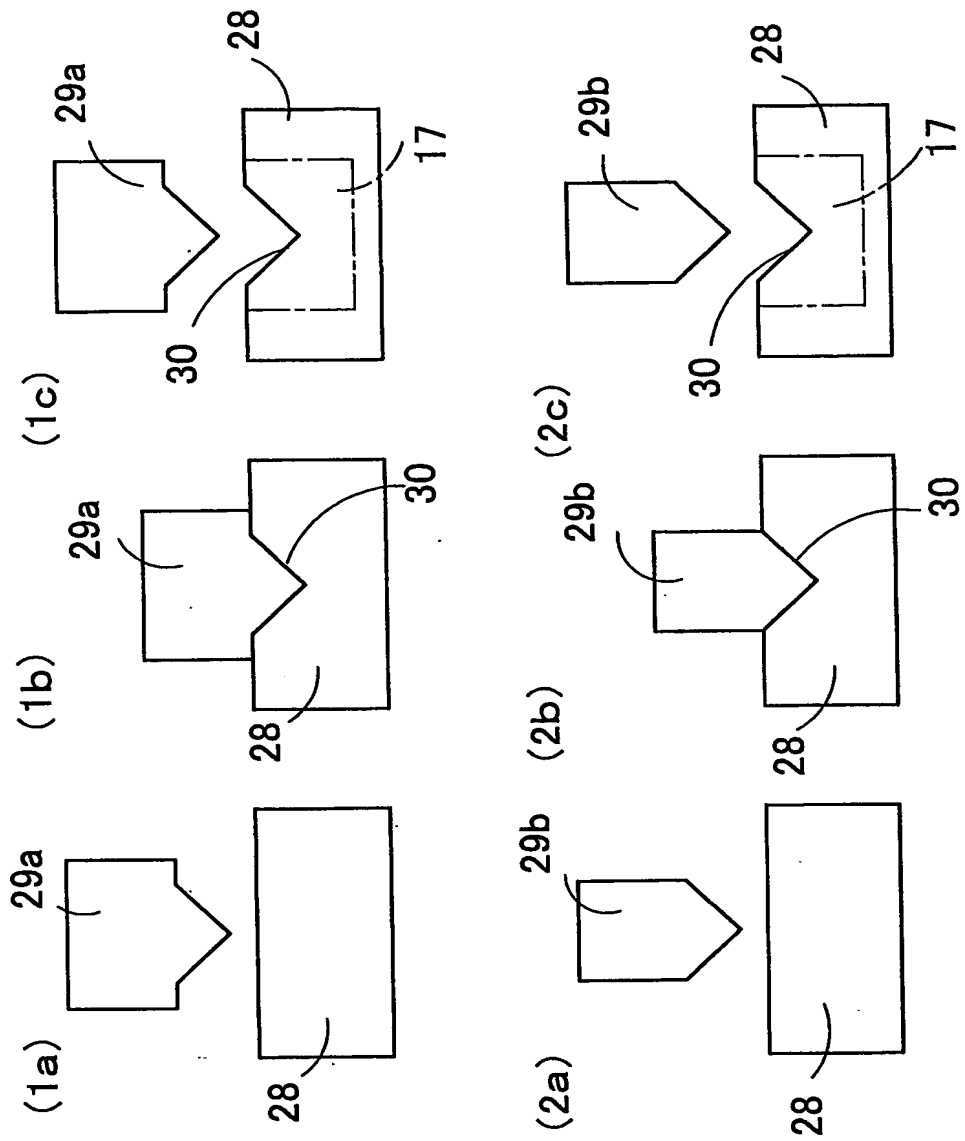


FIG.4

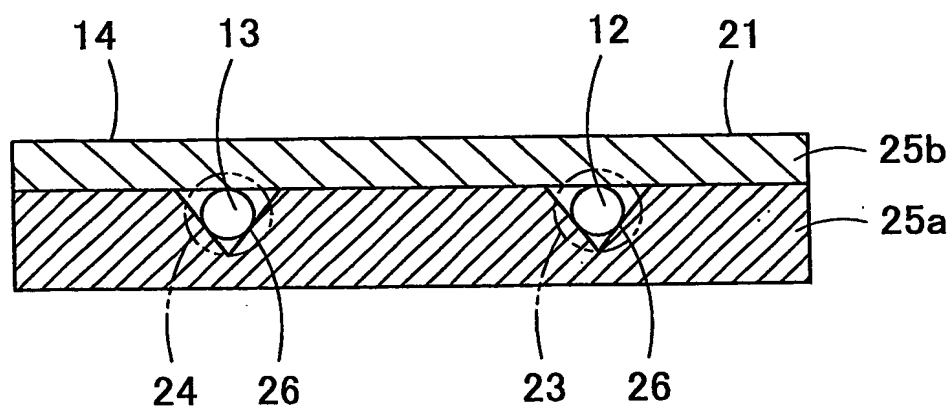


FIG.5



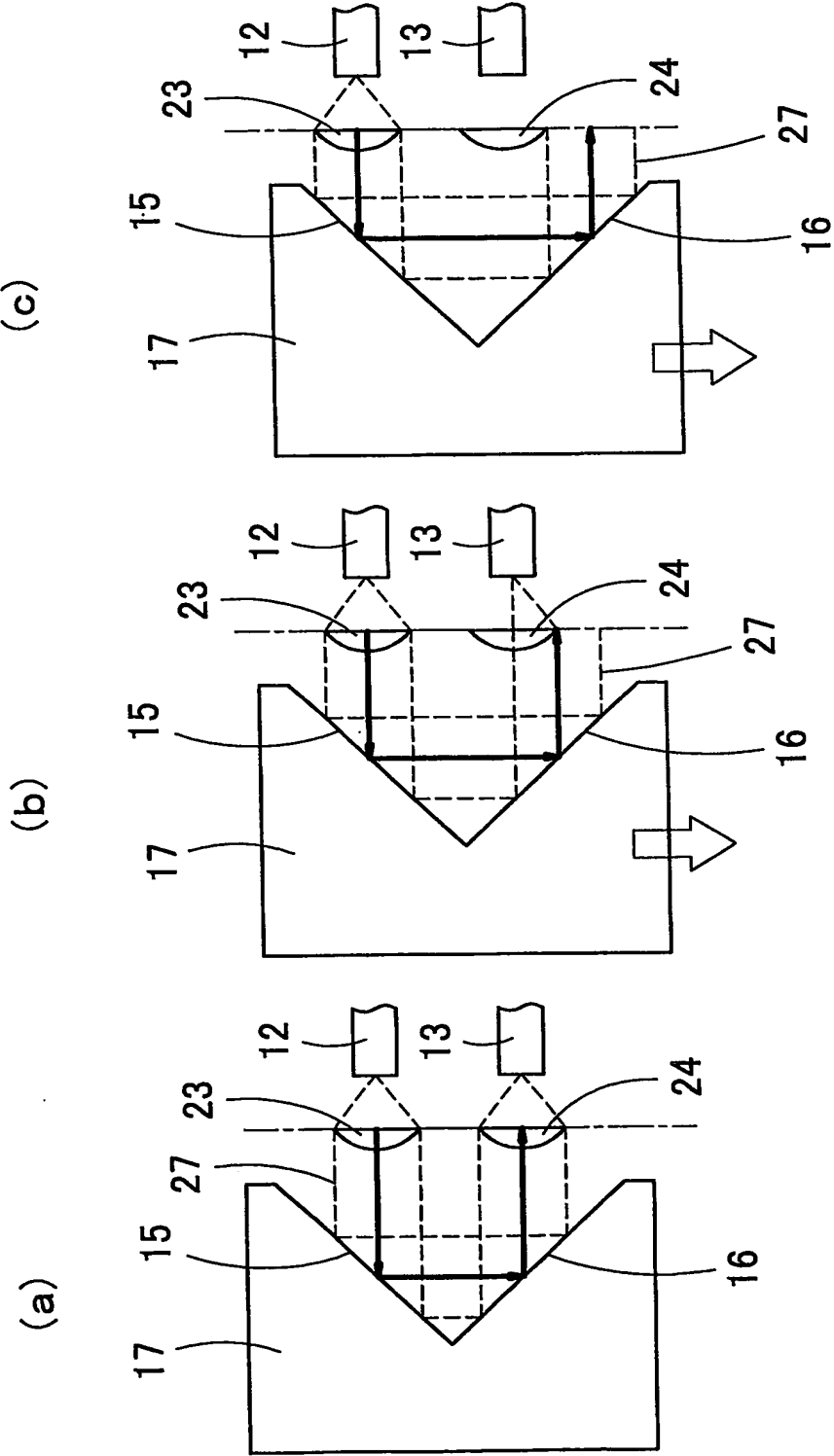


FIG.6

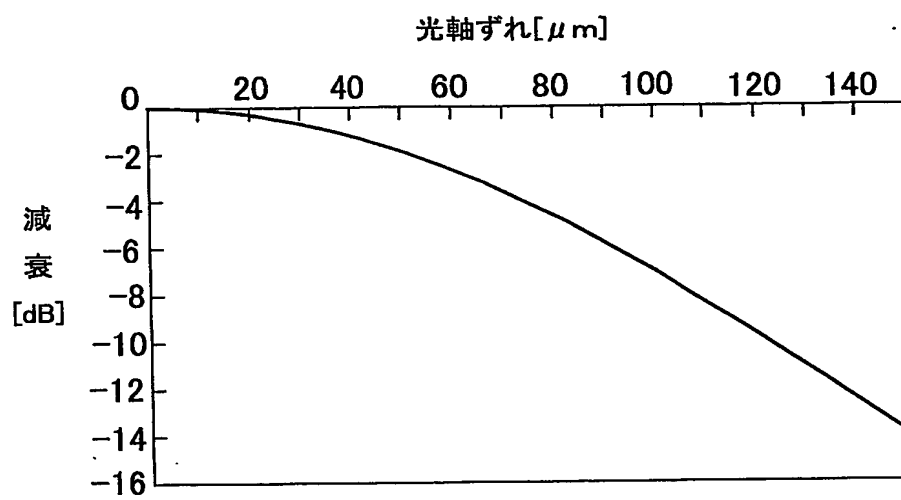


FIG.7

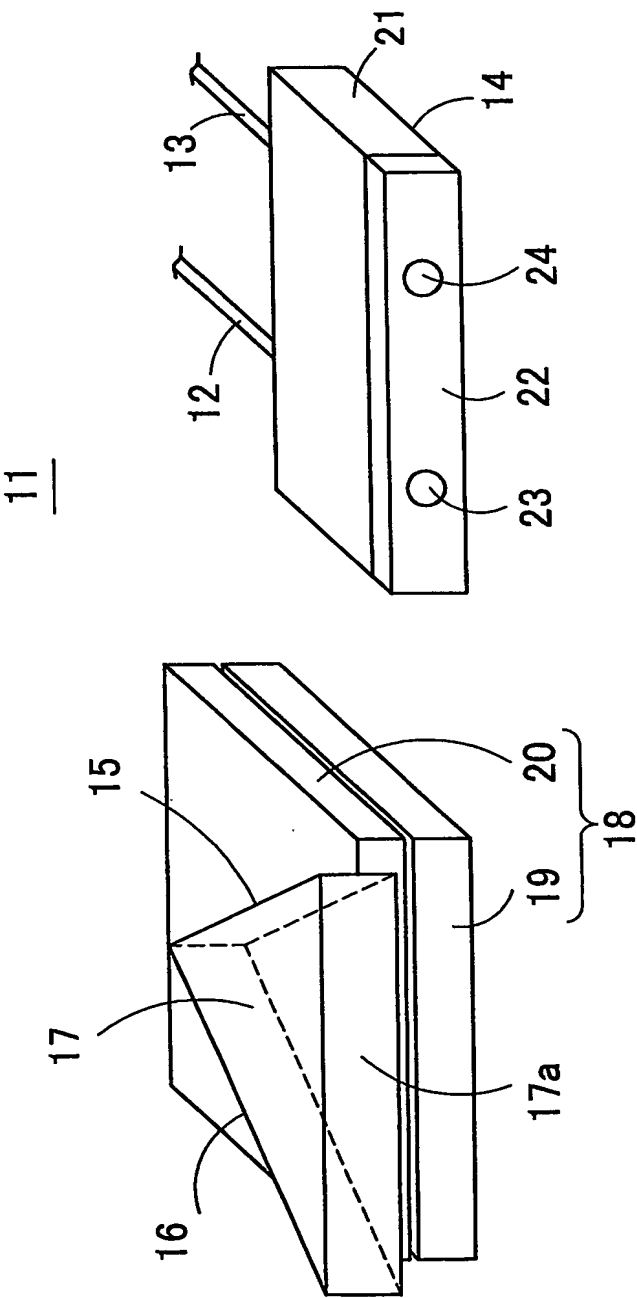


FIG. 8

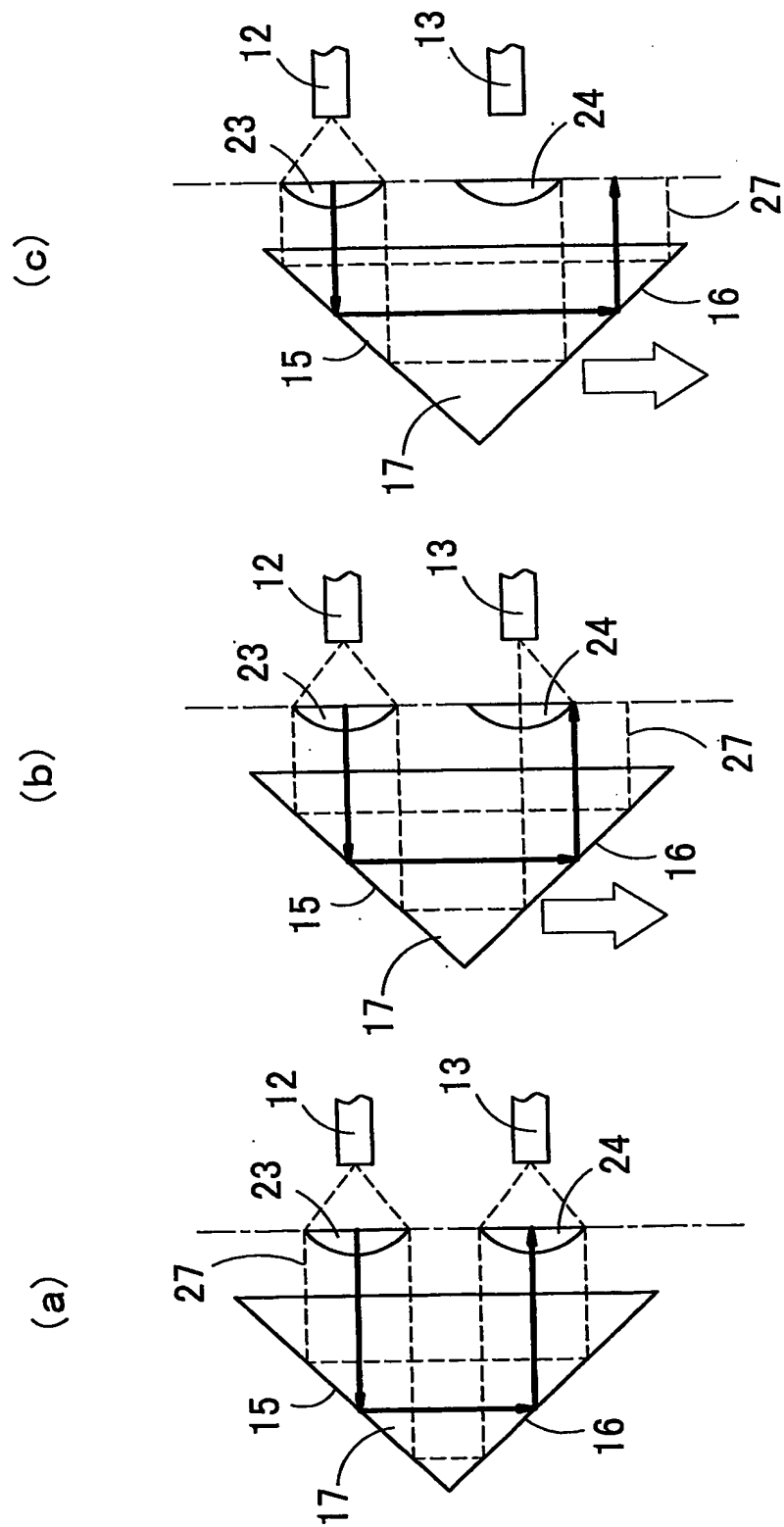


FIG. 9

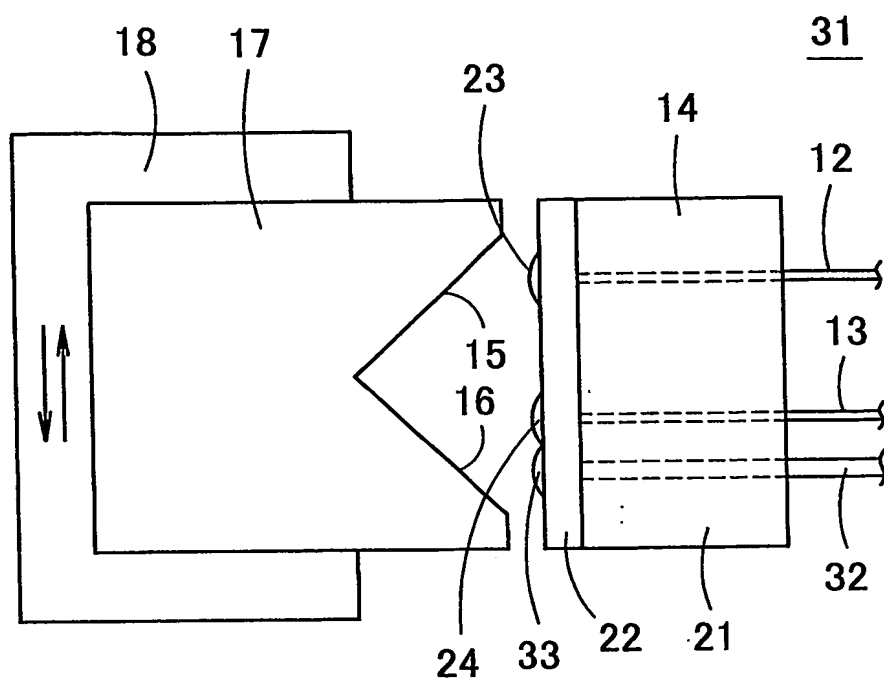


FIG.10

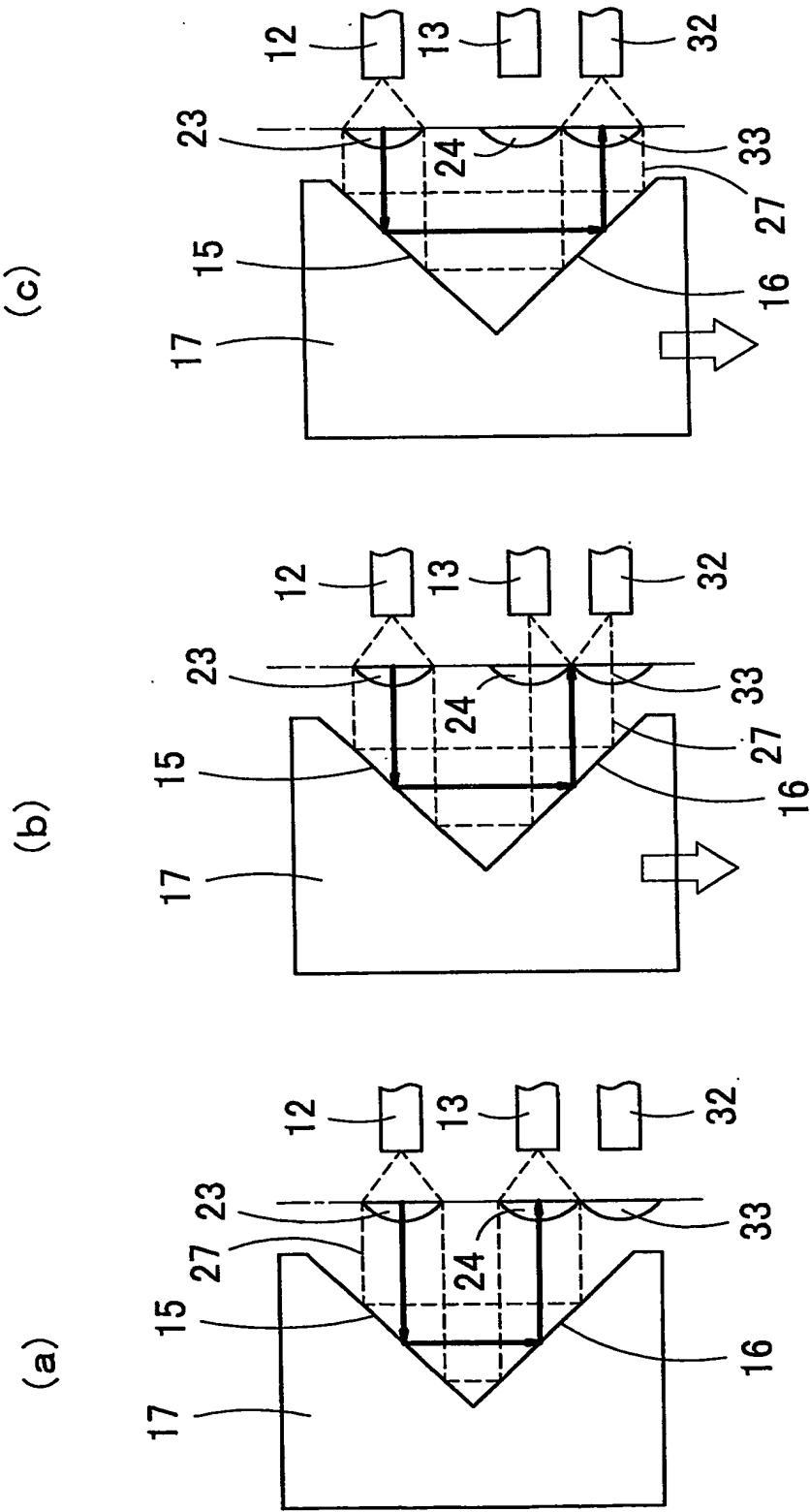


FIG.11

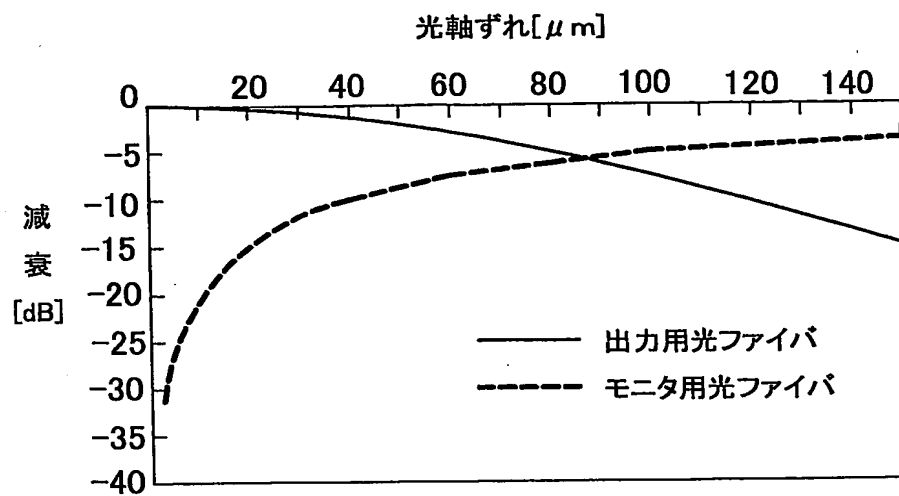


FIG.12

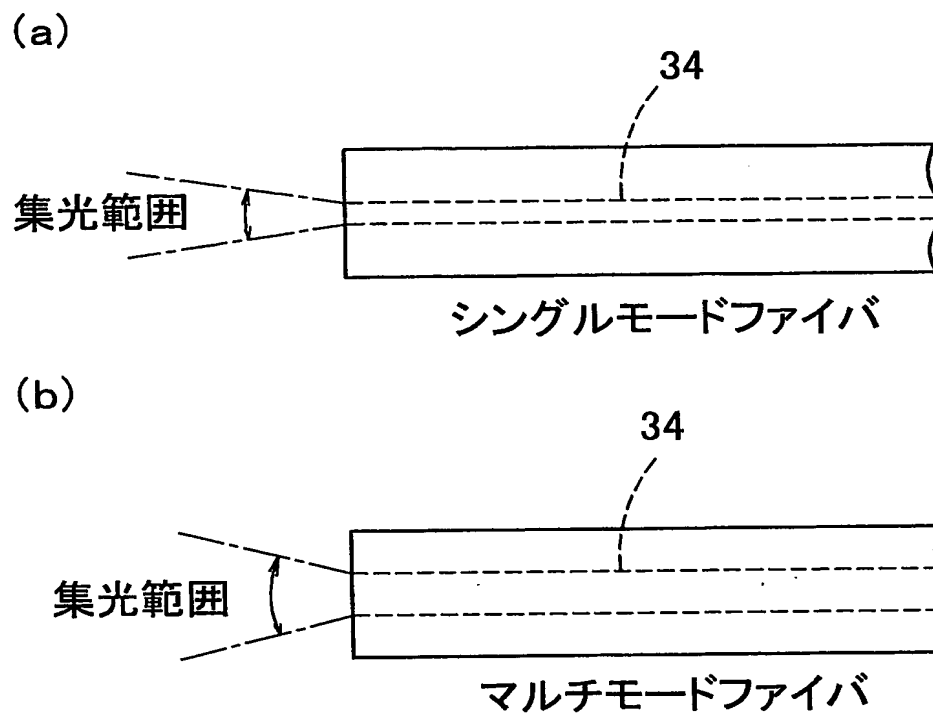


FIG.13



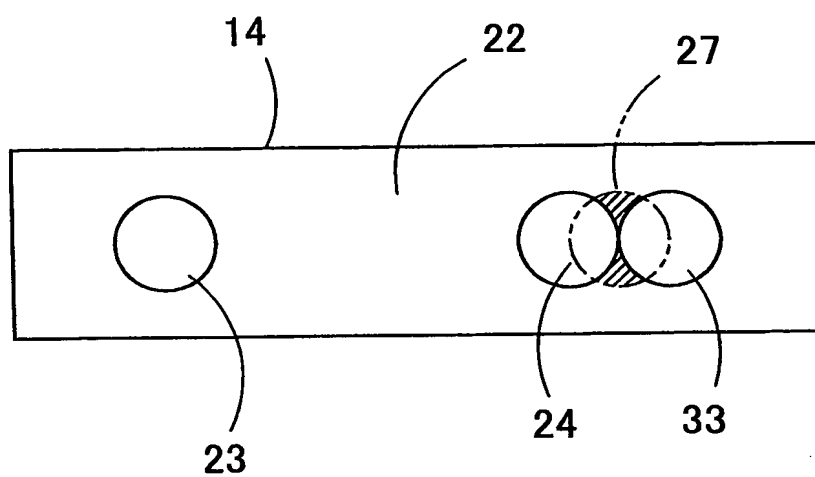


FIG.14

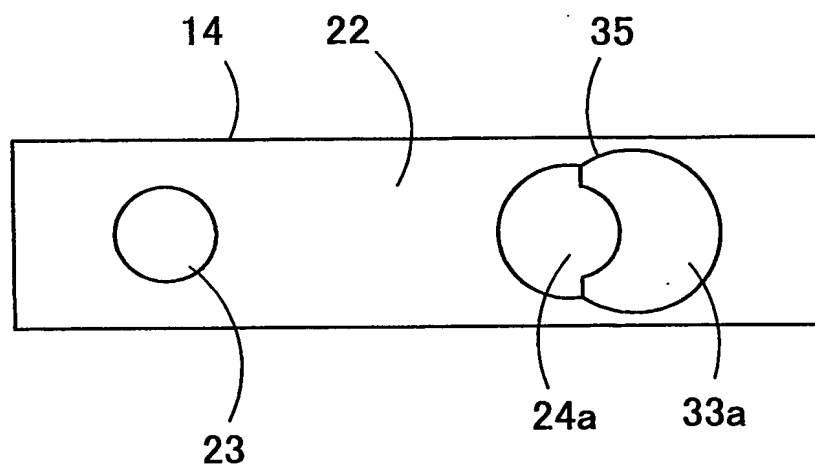


FIG.15

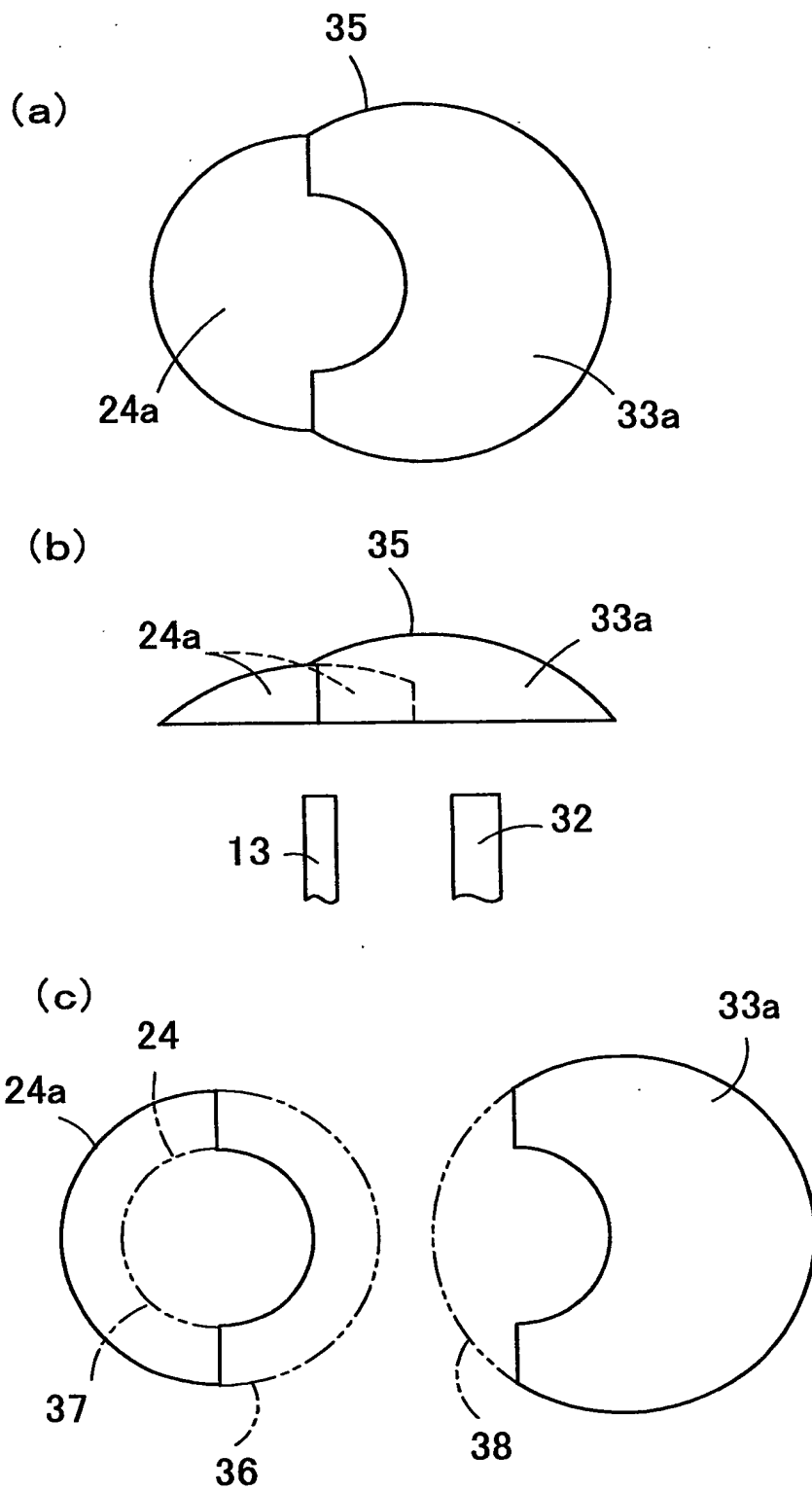


FIG.16

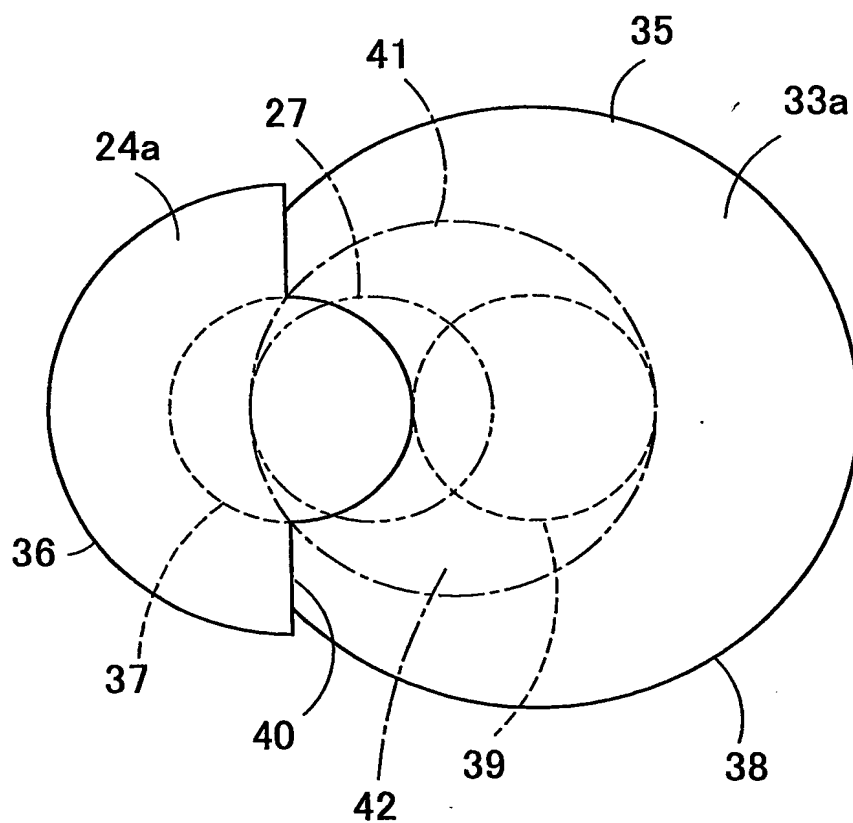


FIG.17

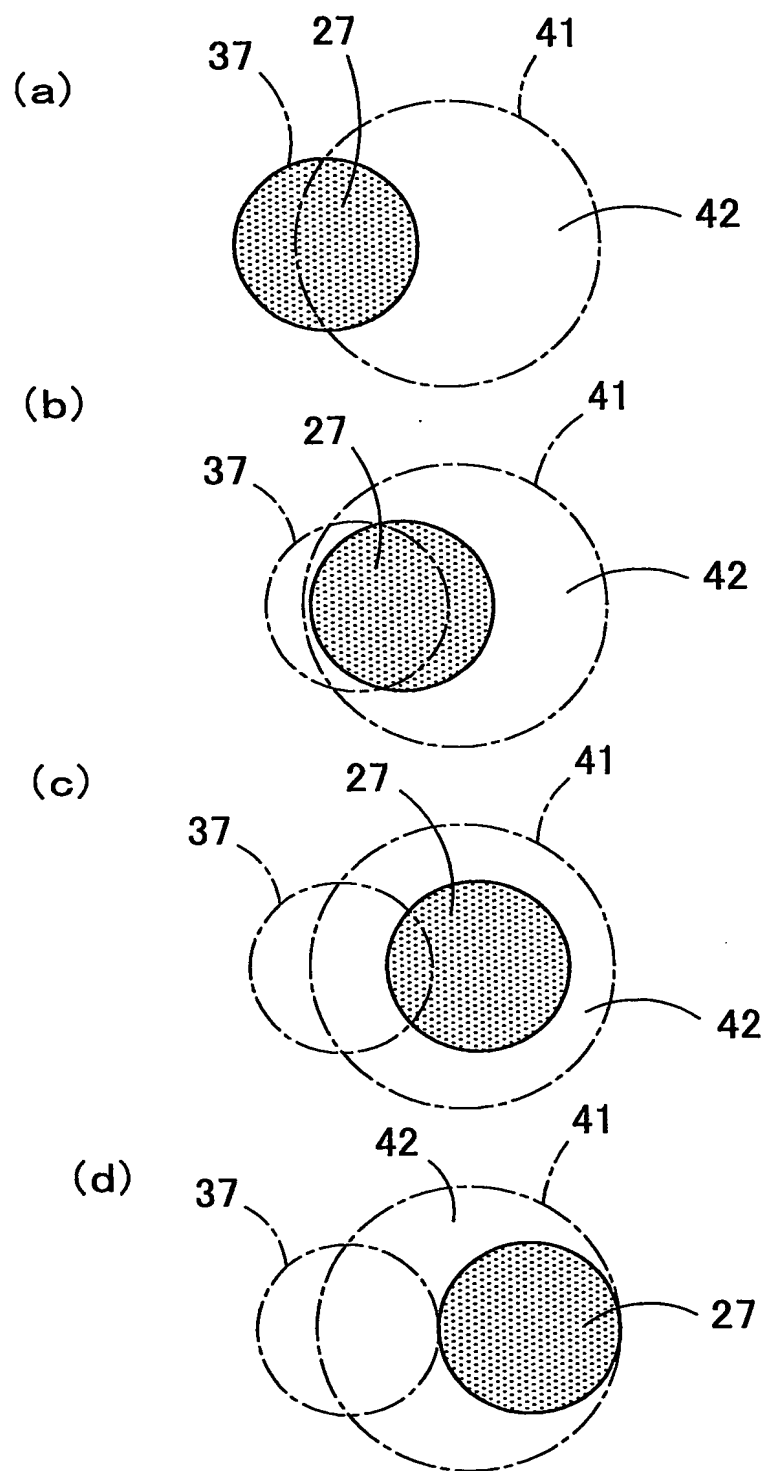


FIG.18

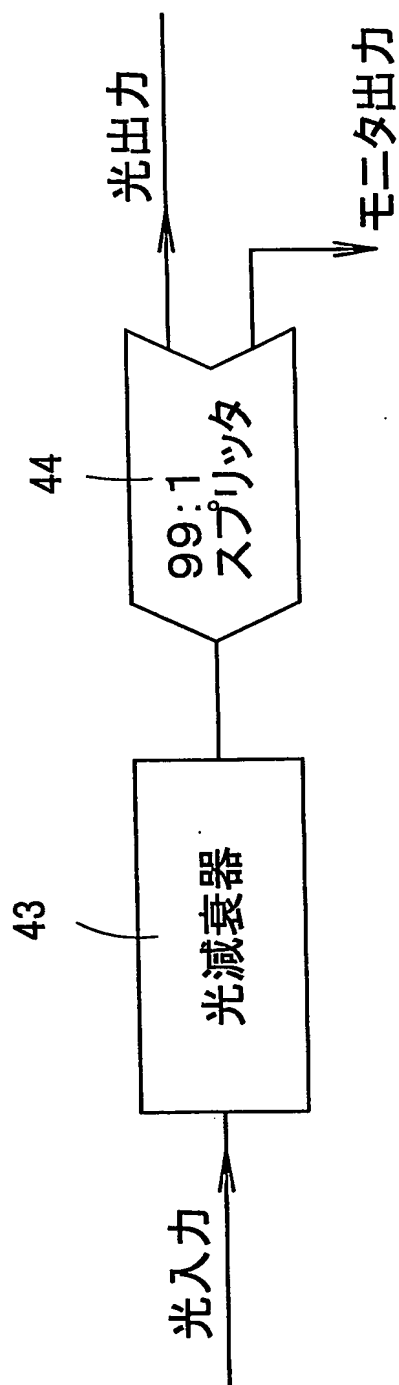


FIG.19

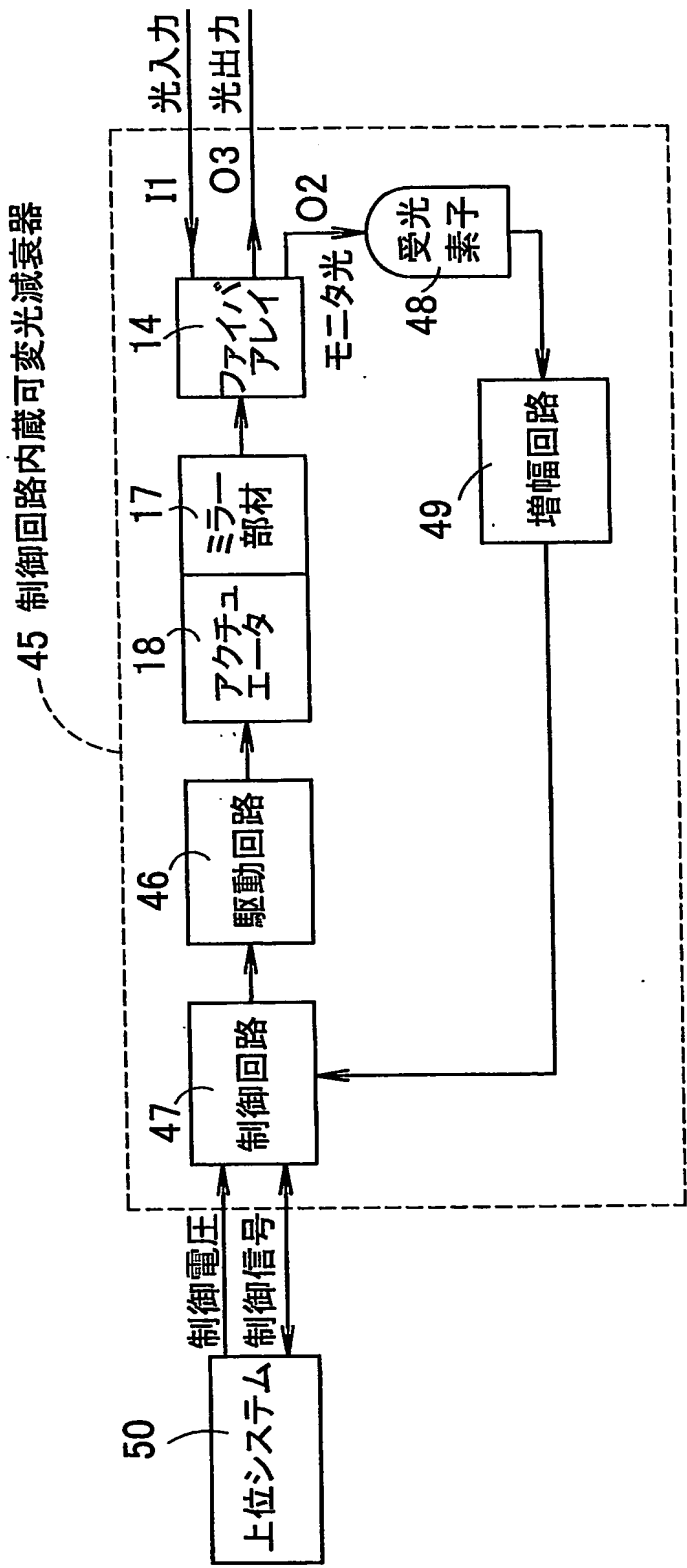


FIG.20

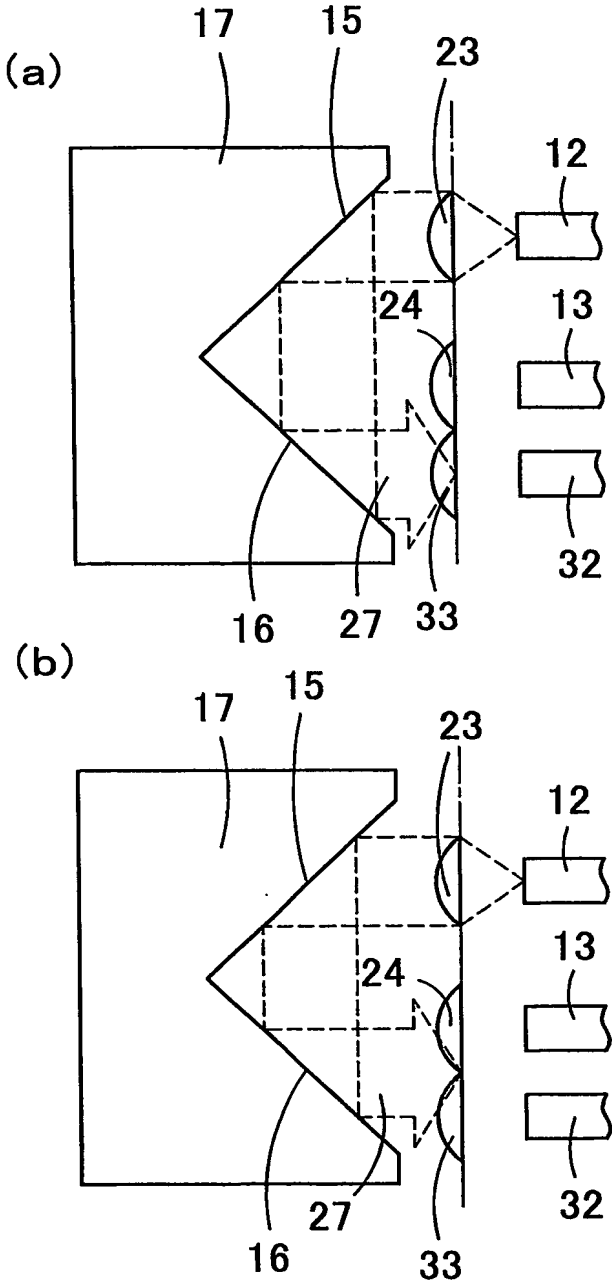


FIG.21



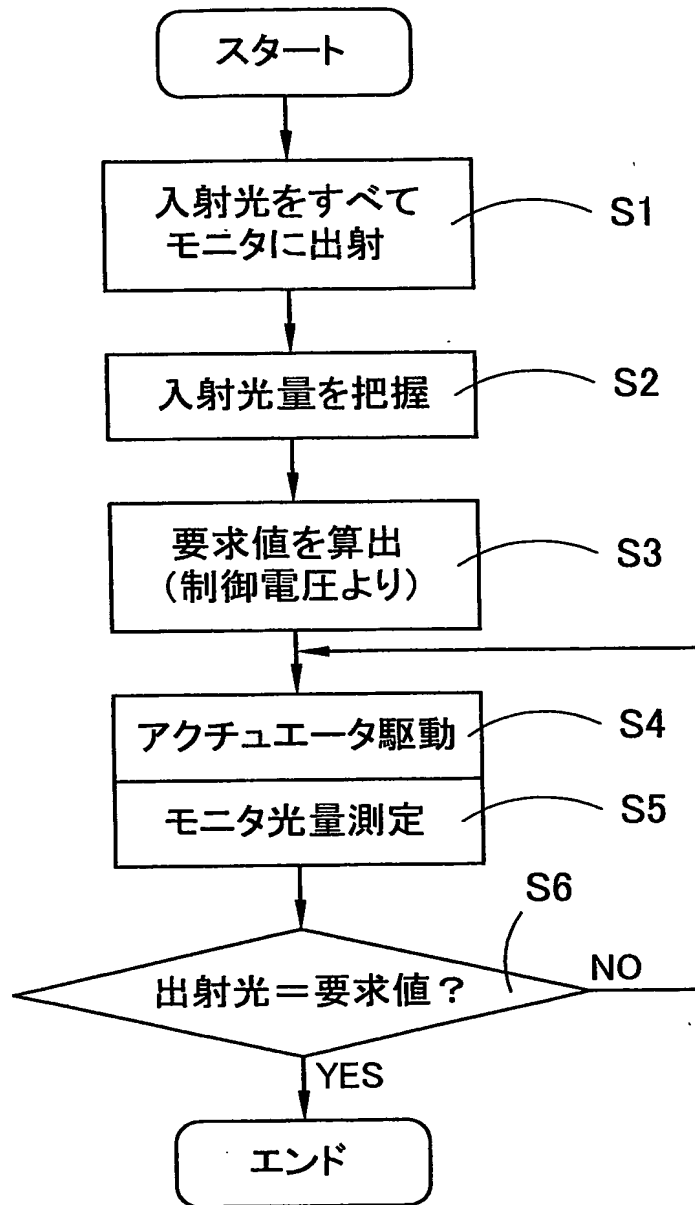


FIG.22

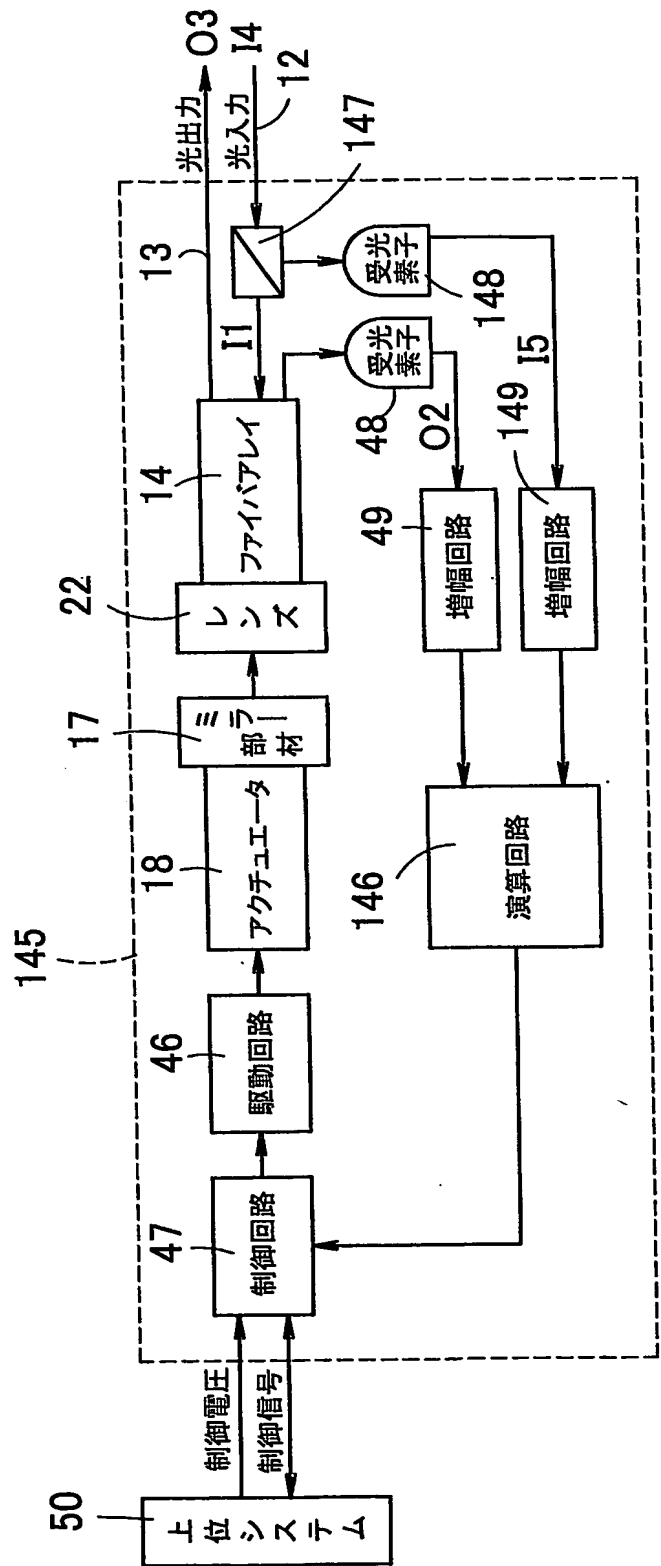


FIG.23

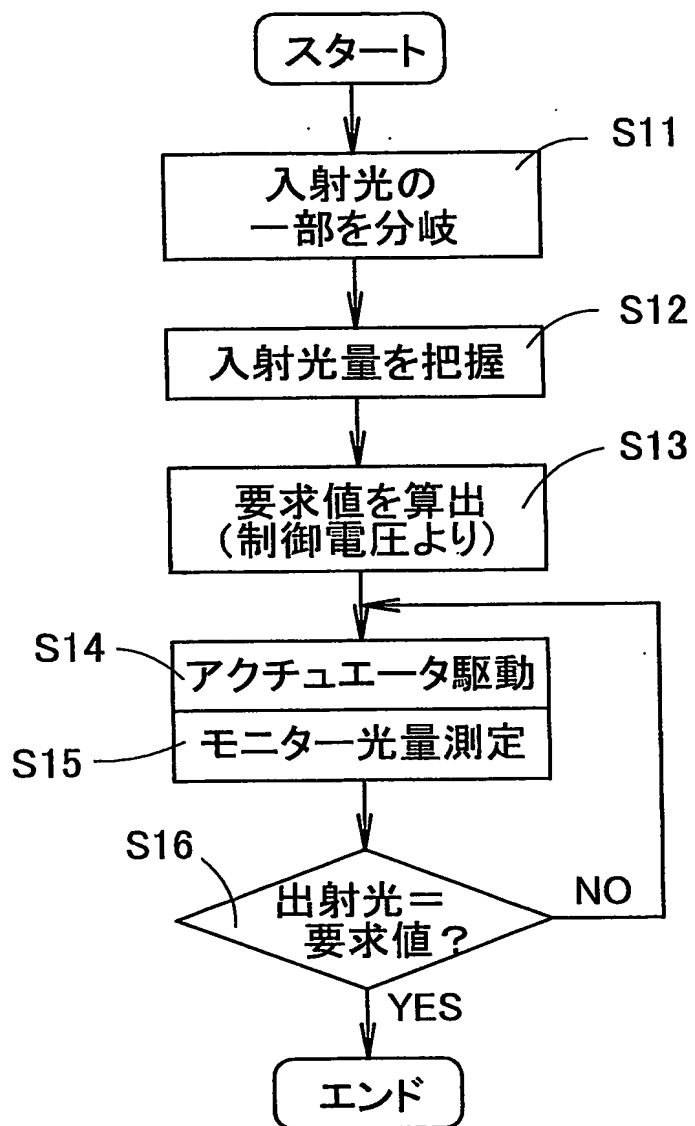


FIG.24

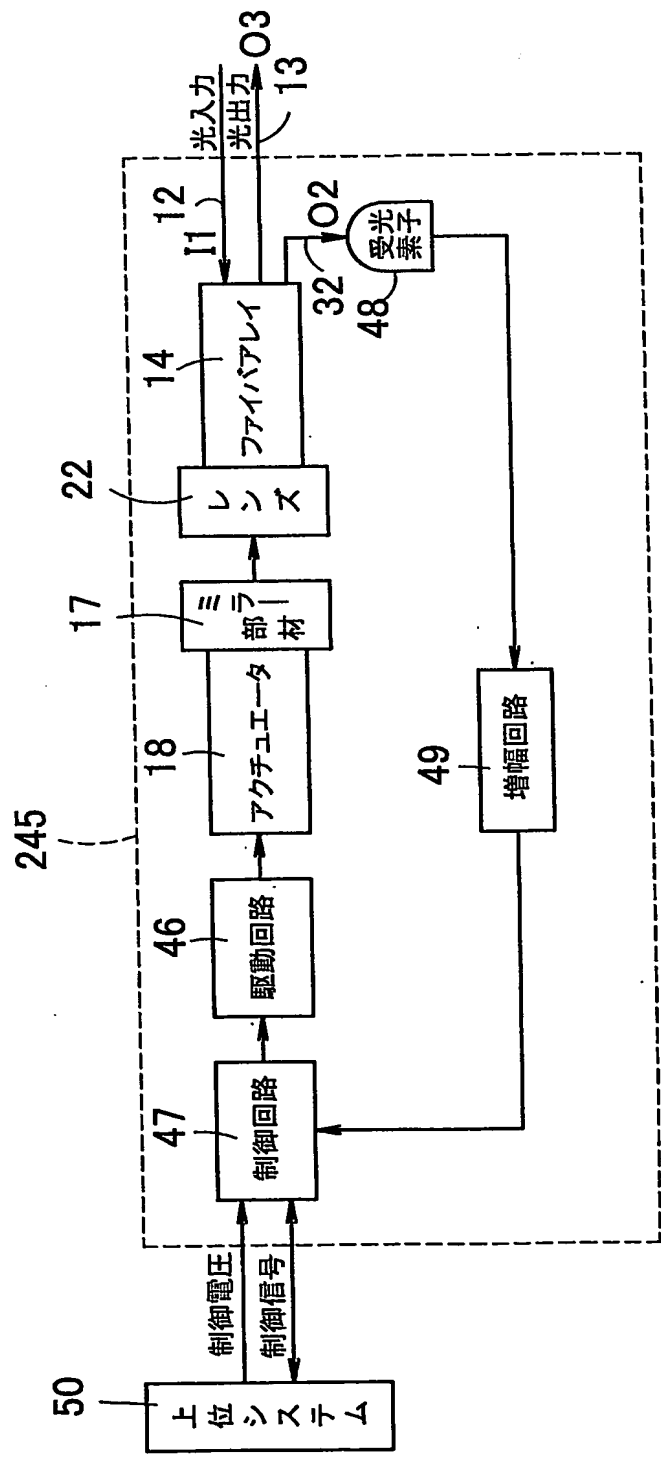


FIG.25

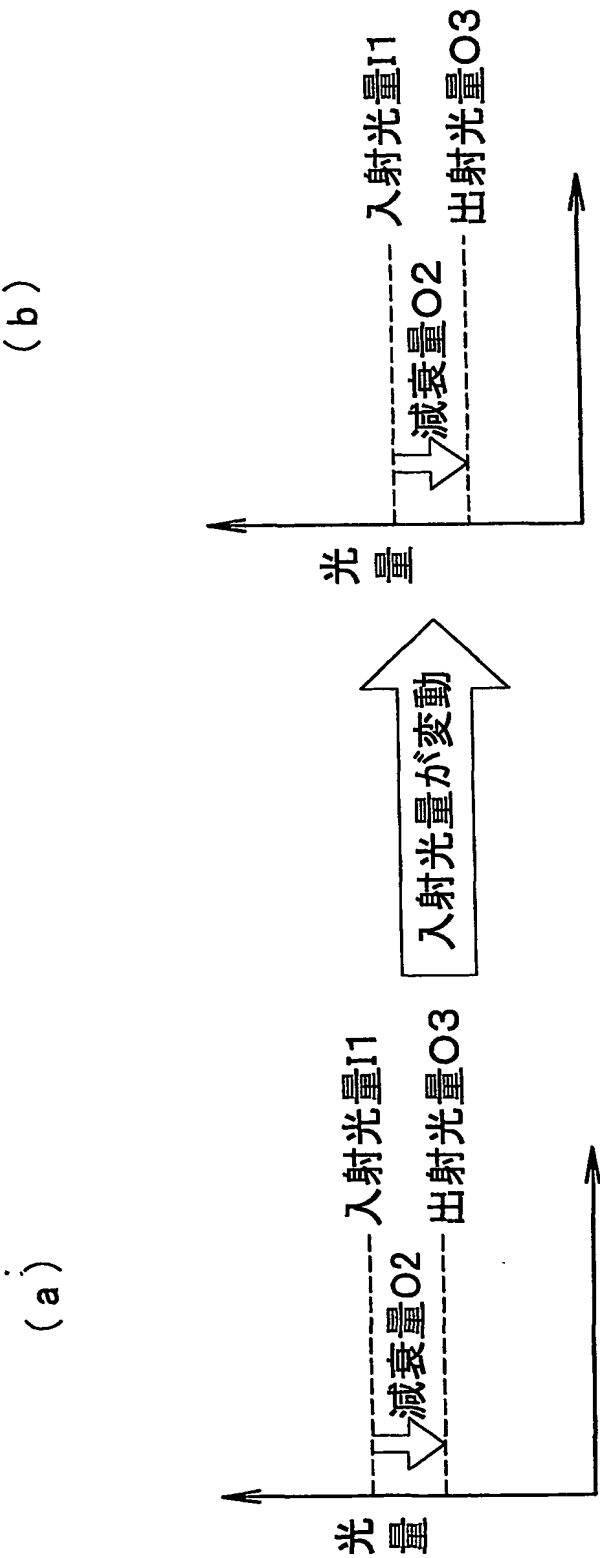


FIG.26

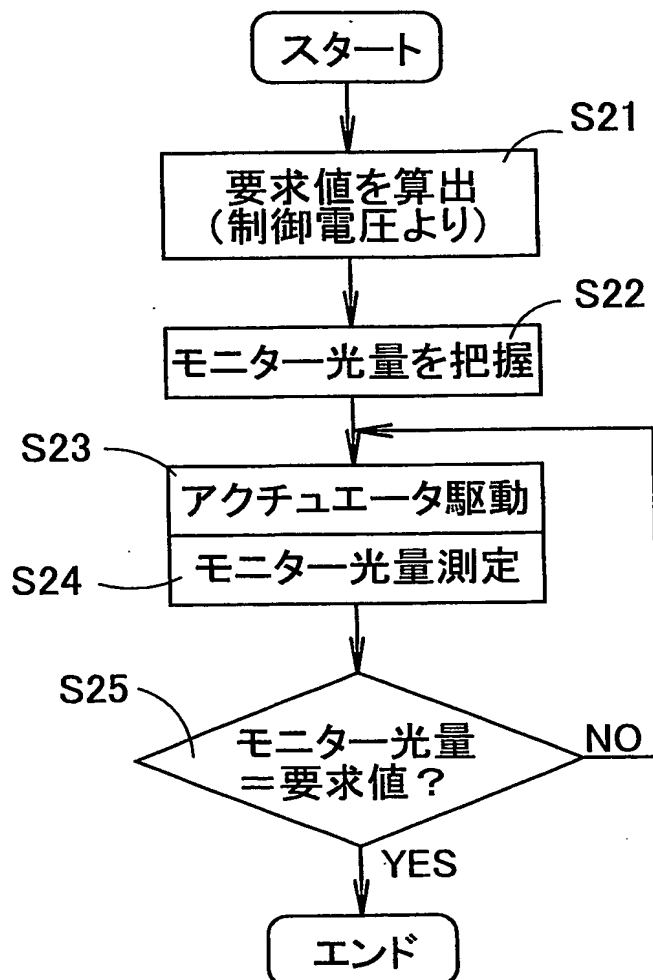


FIG.27

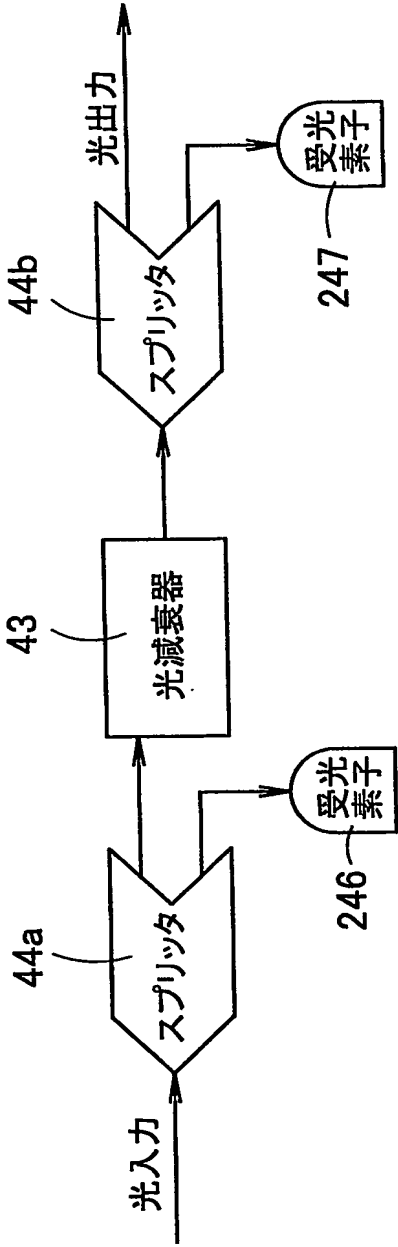
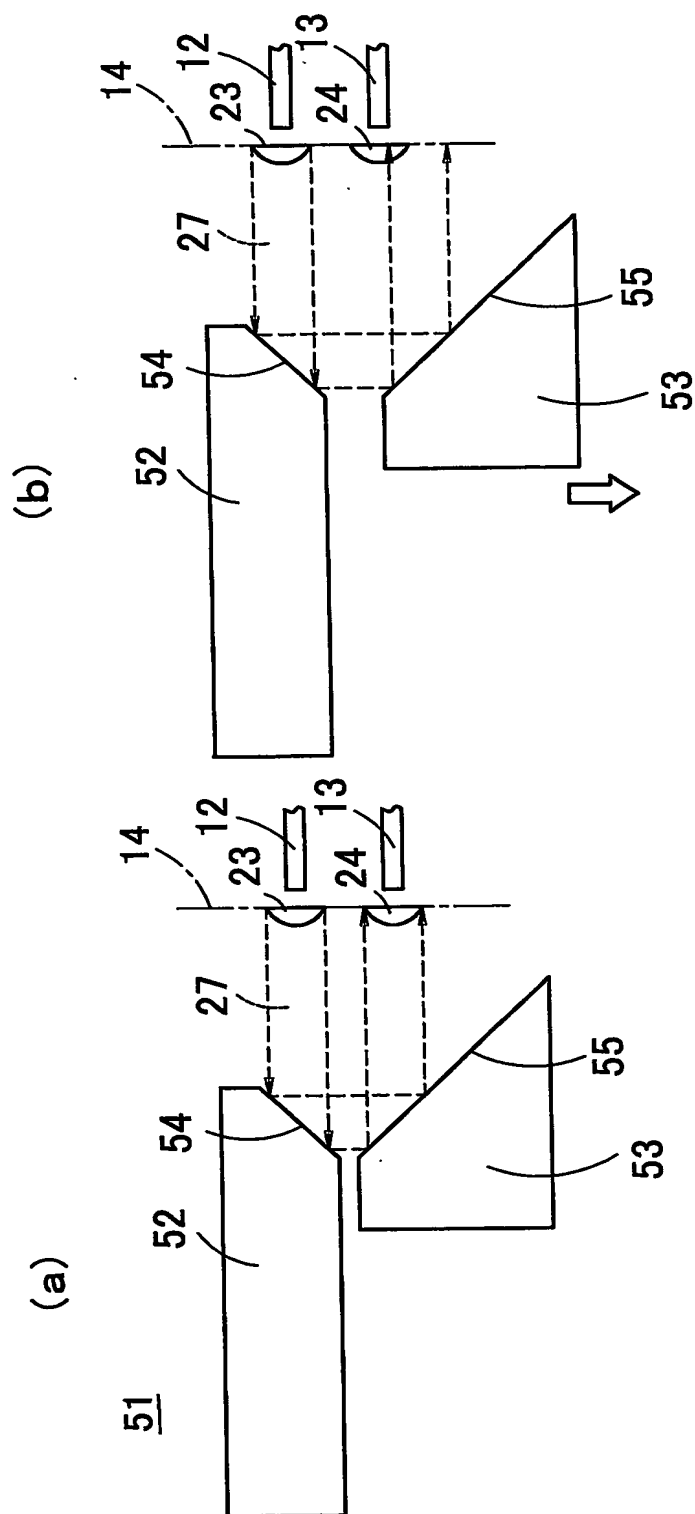
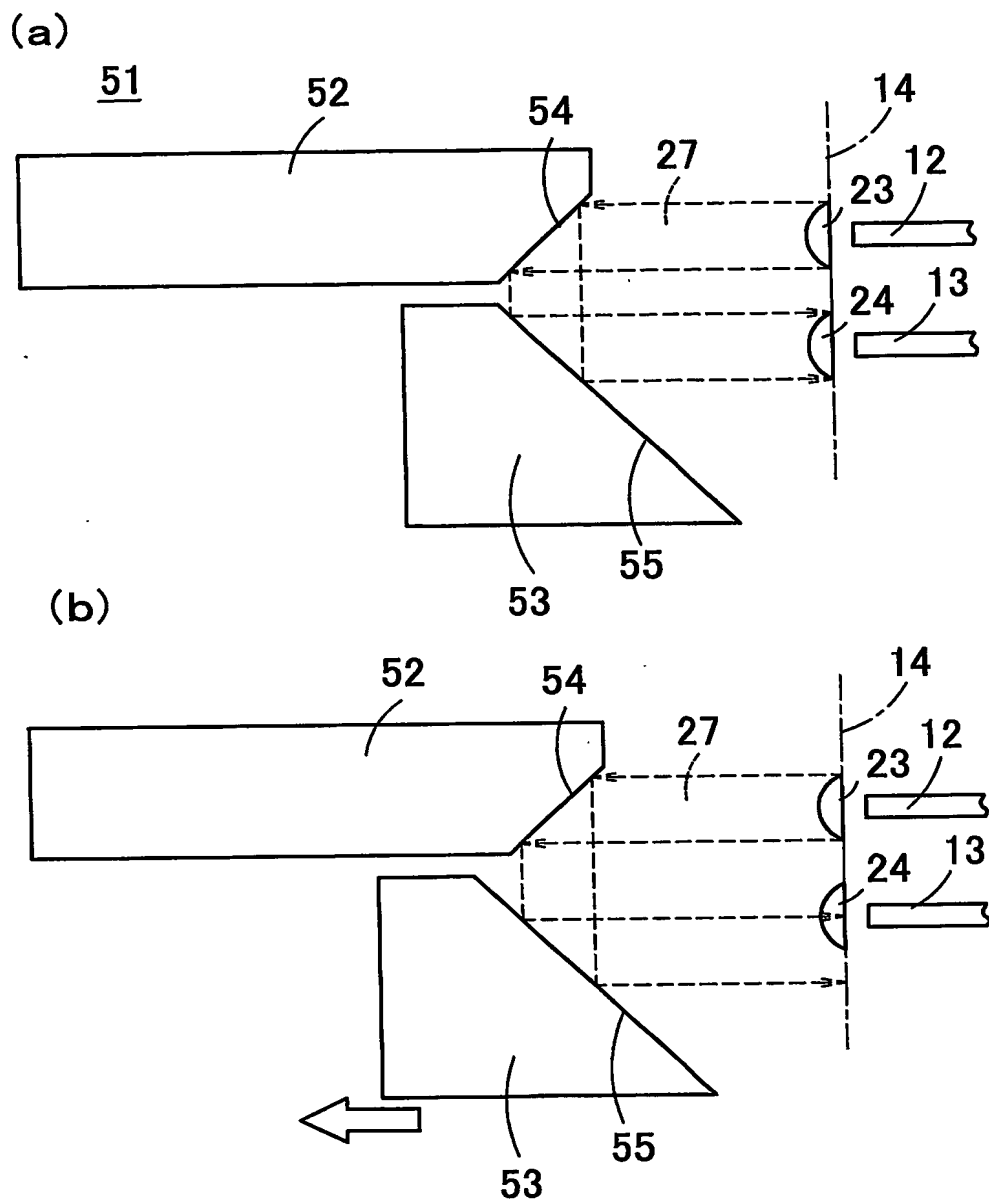


FIG.28



**FIG. 29**





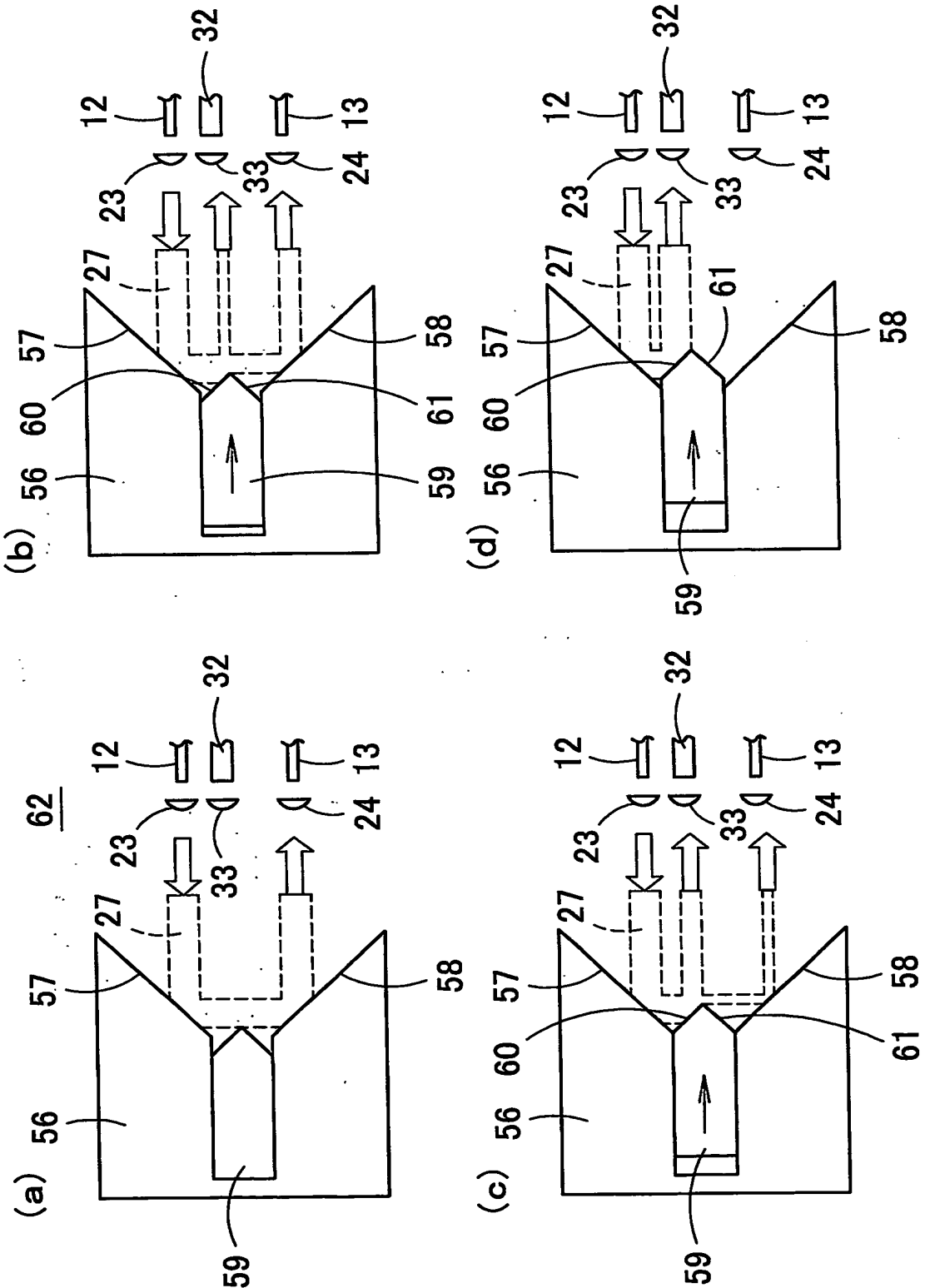


FIG.31

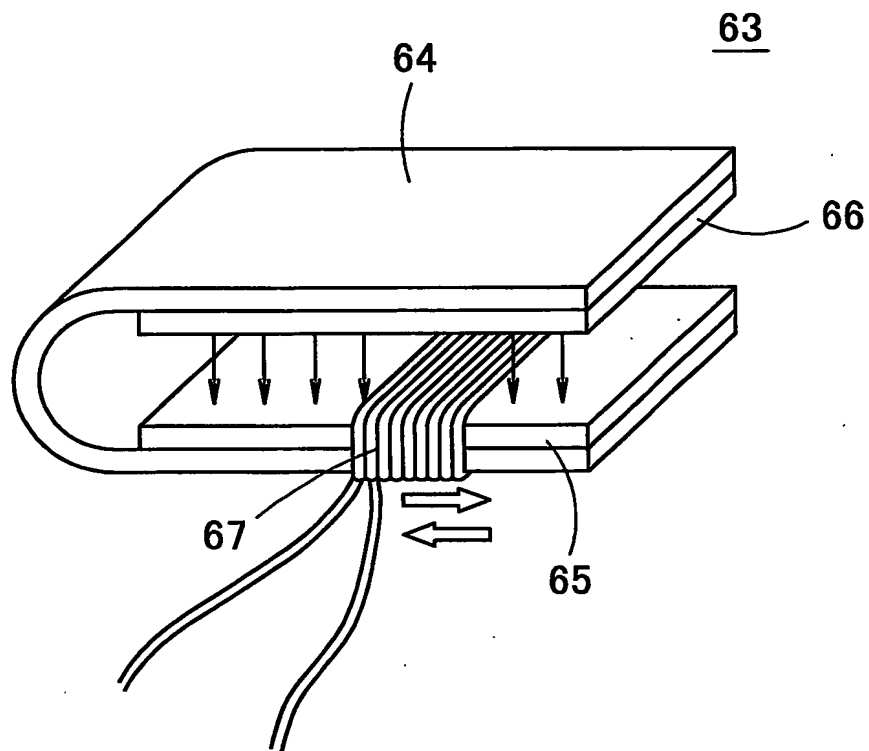
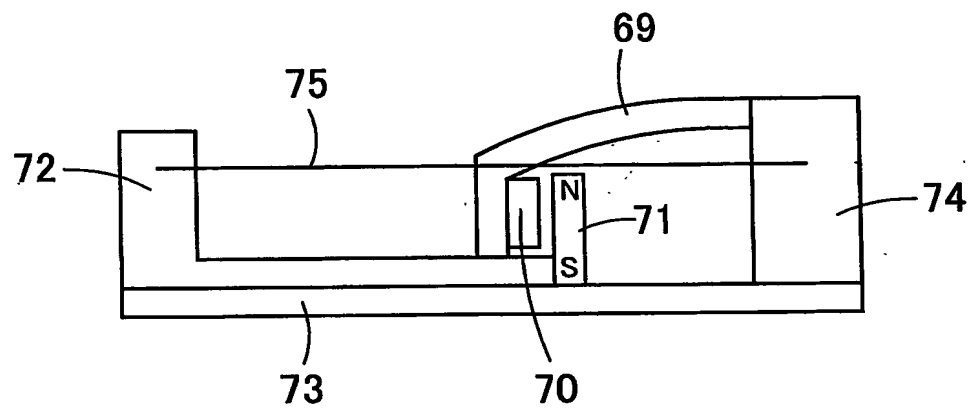


FIG.32

68

( a )



( b )

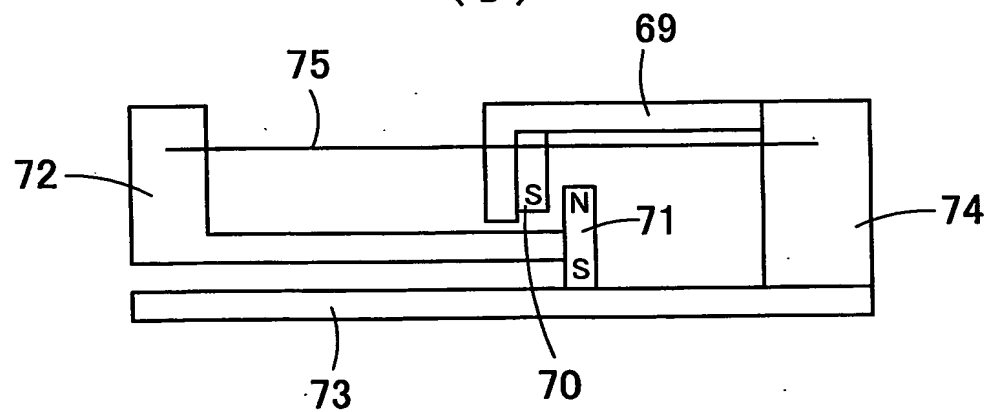


FIG.33

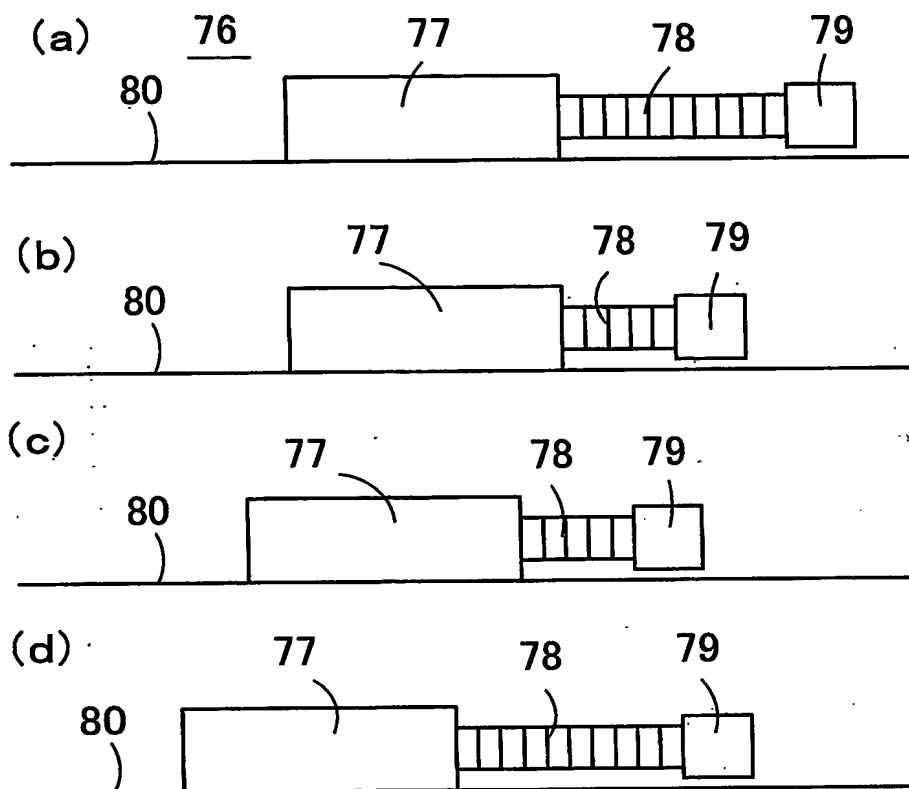


FIG.34

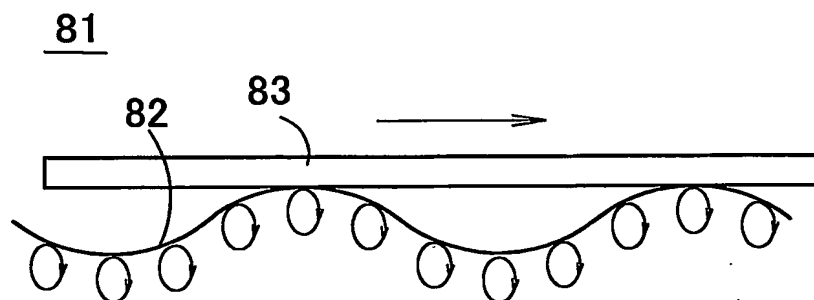


FIG.35

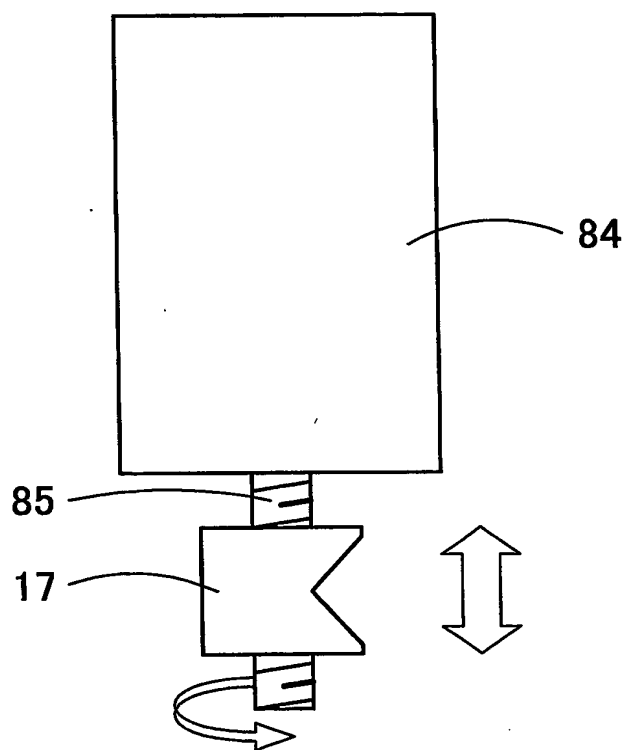


FIG.36

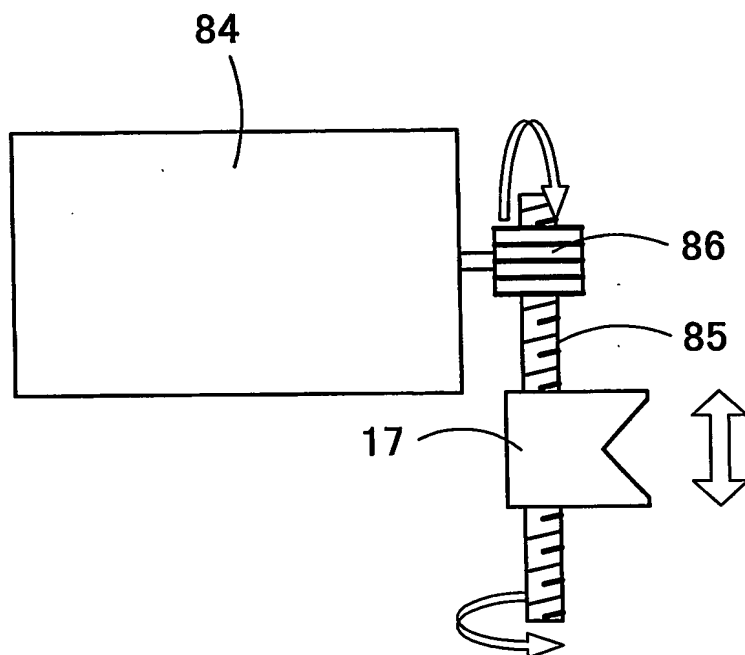


FIG.37



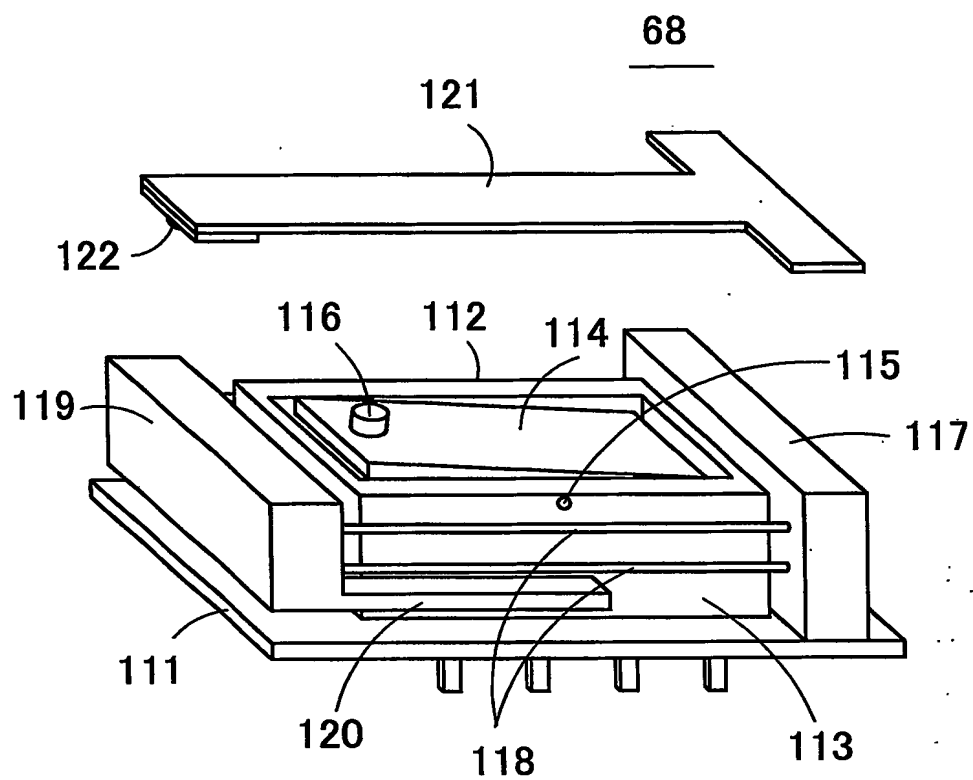
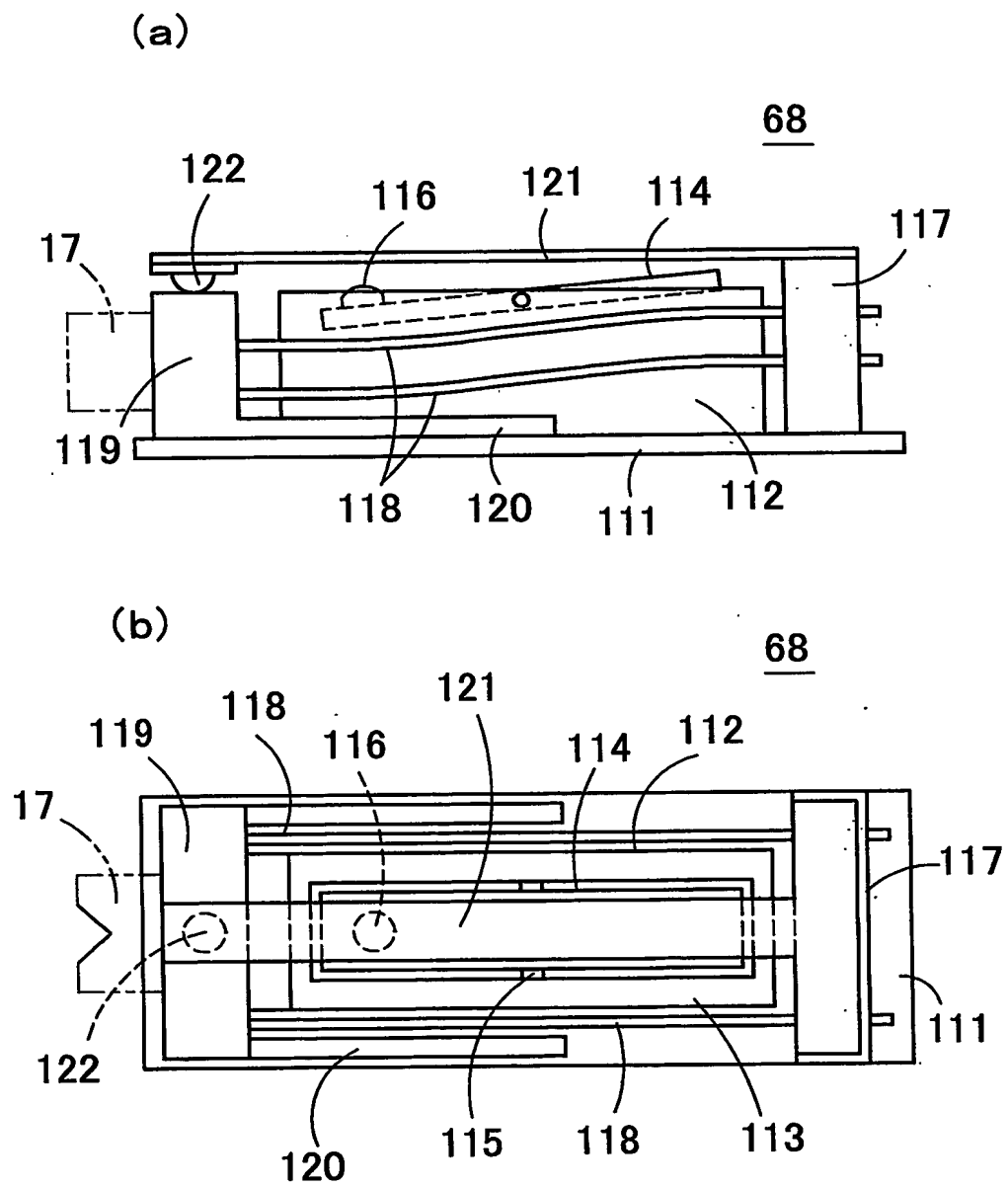


FIG.38



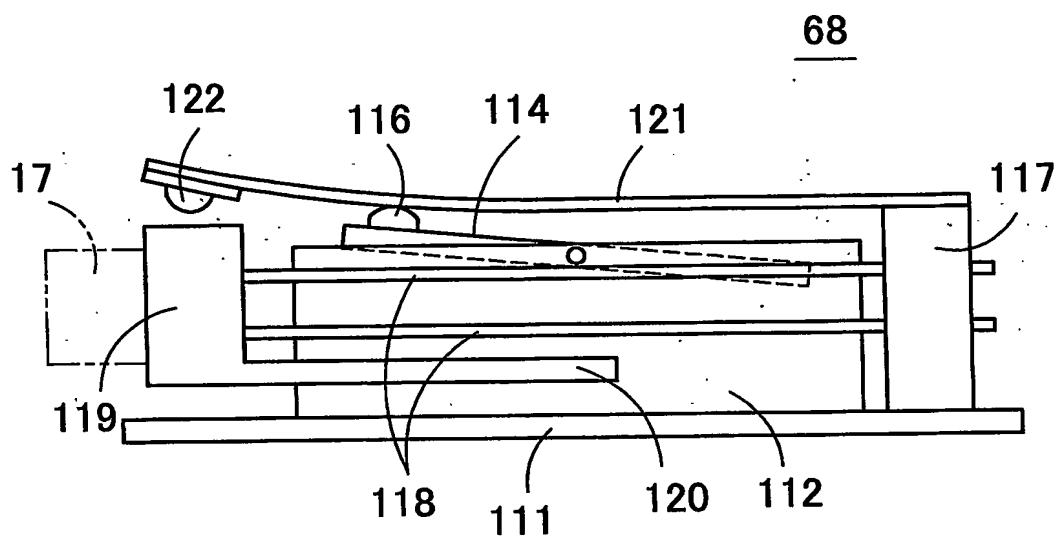


FIG. 40

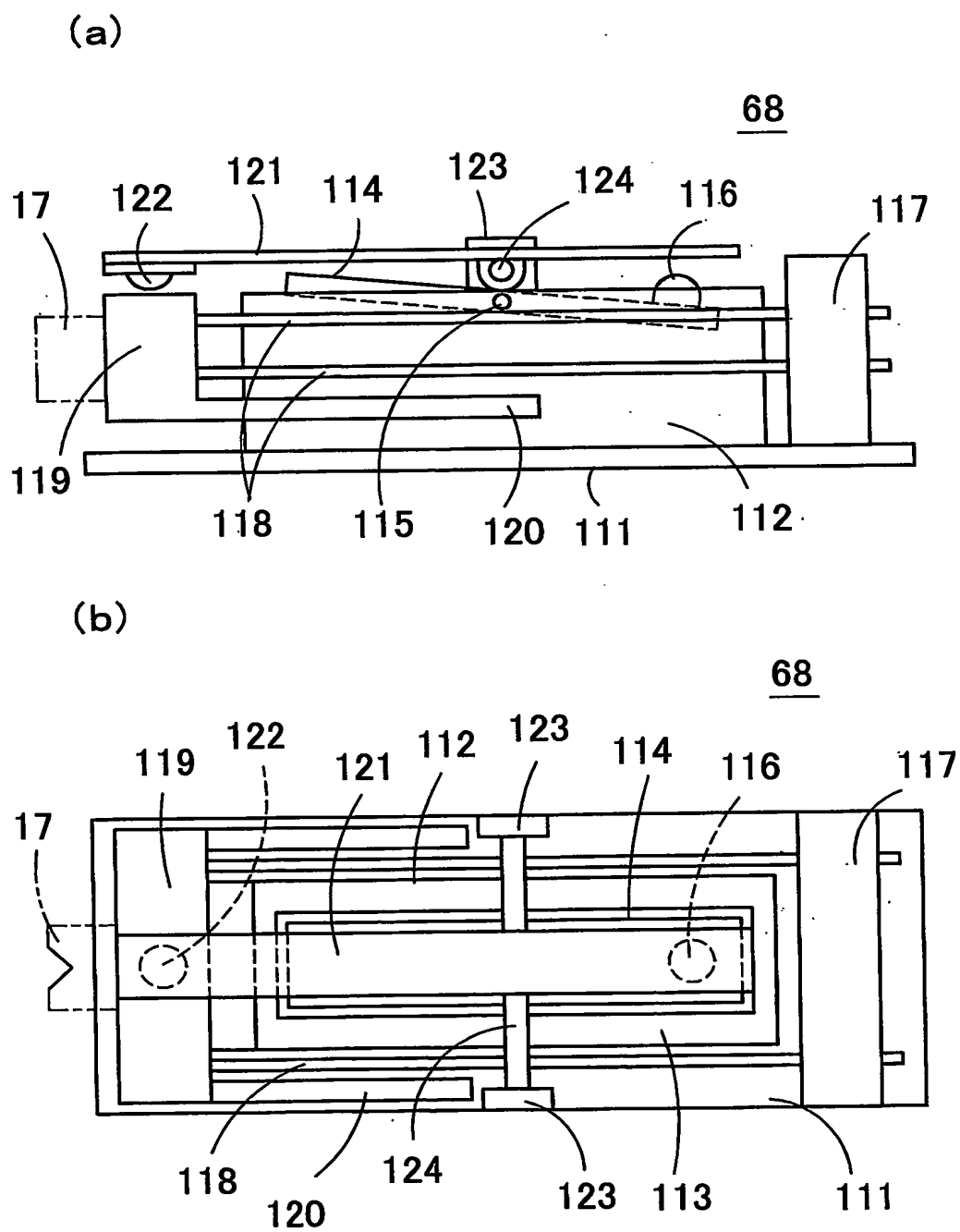


FIG.41

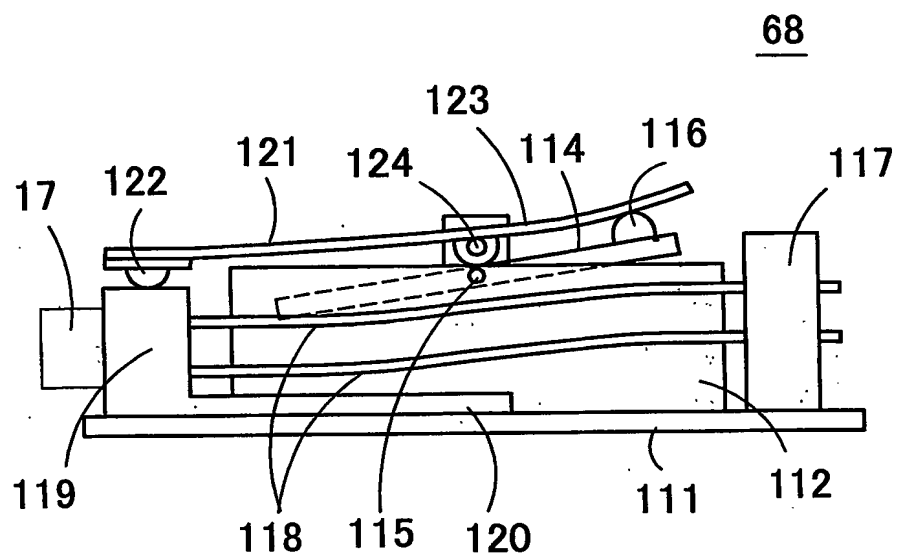
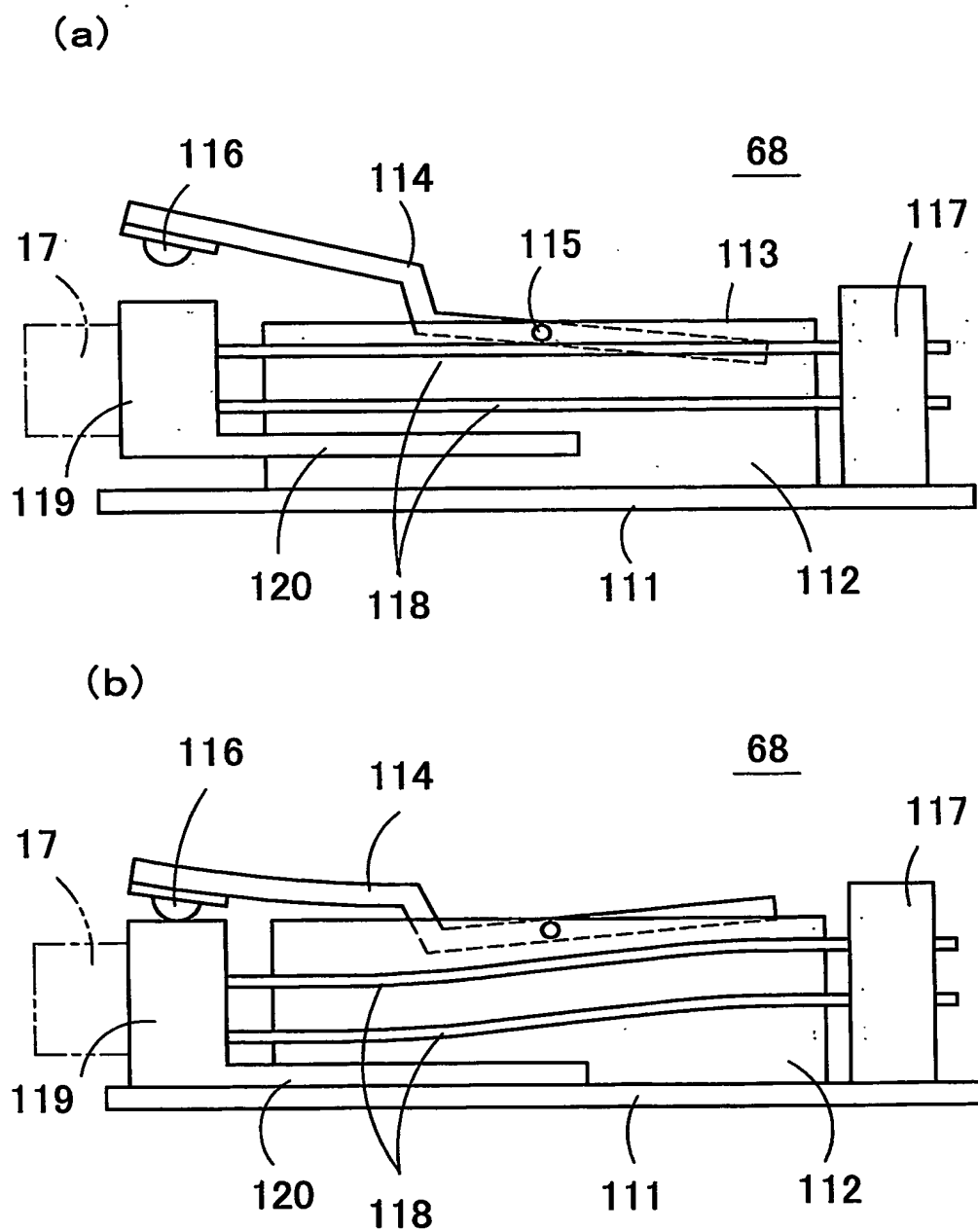


FIG. 42



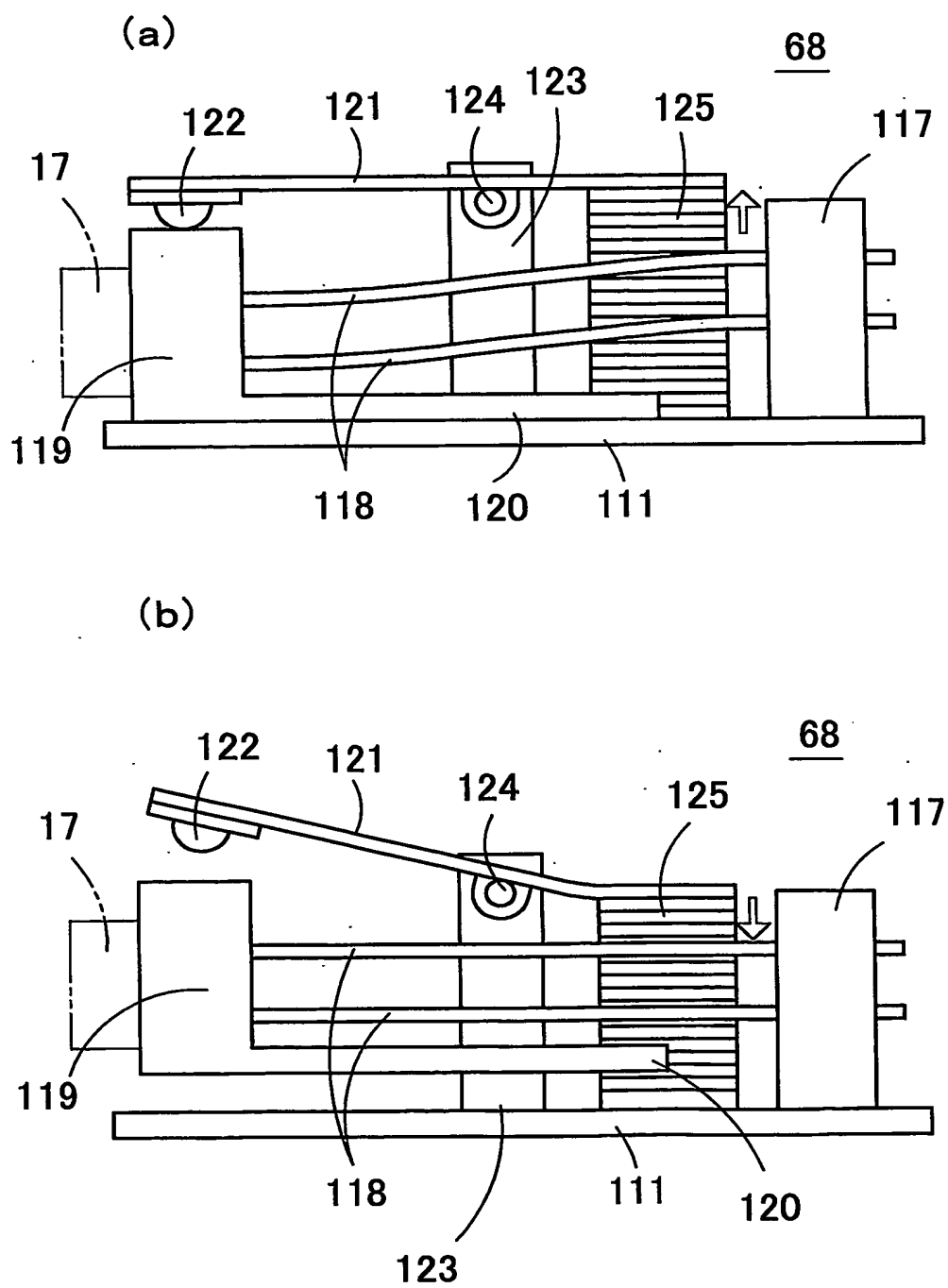


FIG.44

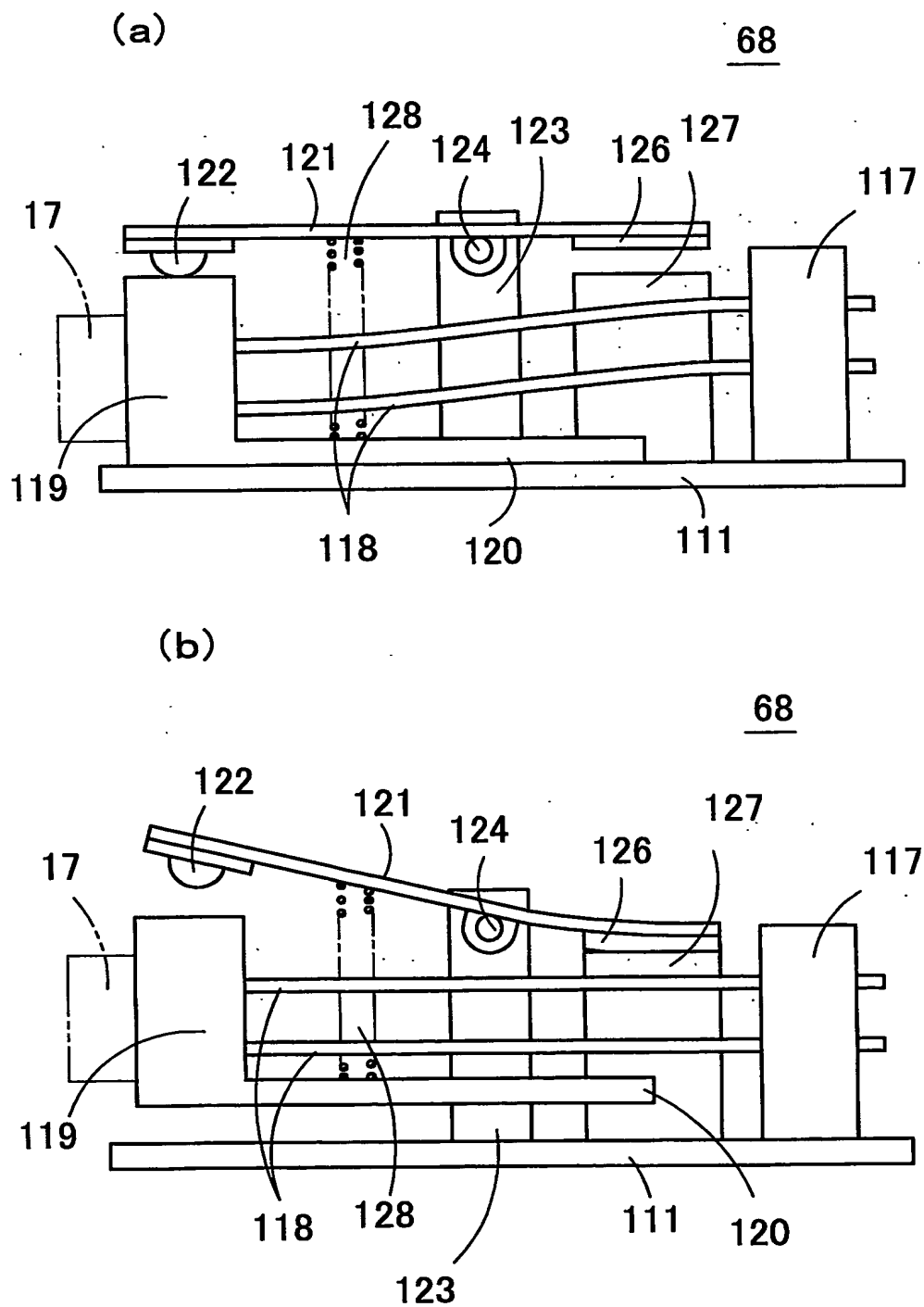


FIG.45



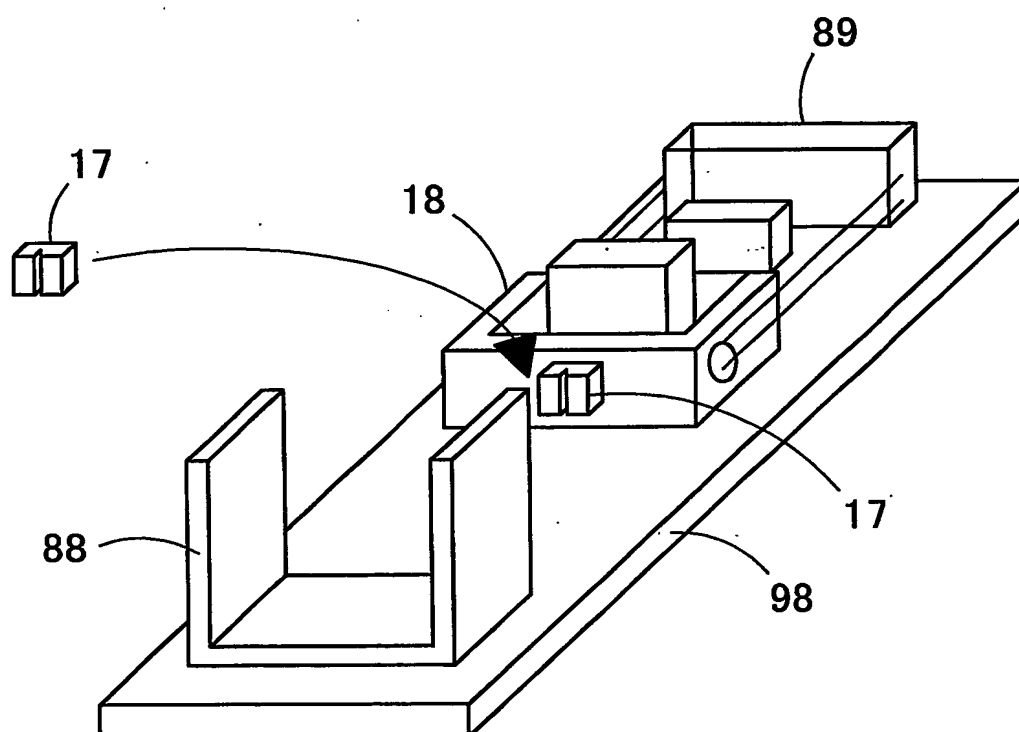


FIG.46

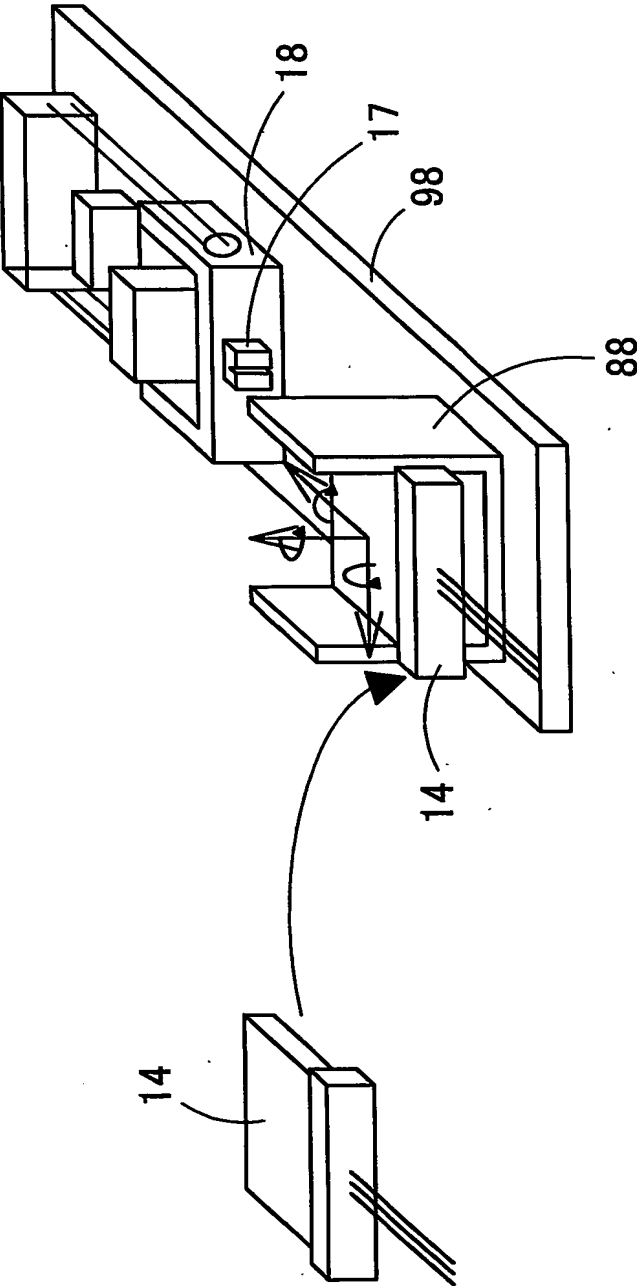


FIG. 47

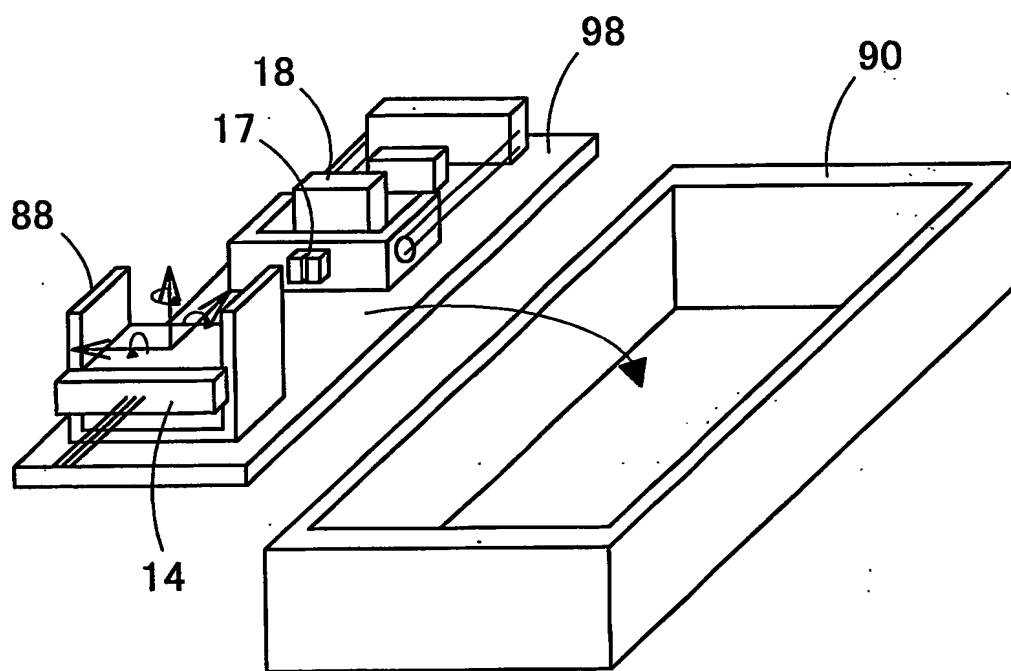


FIG.48

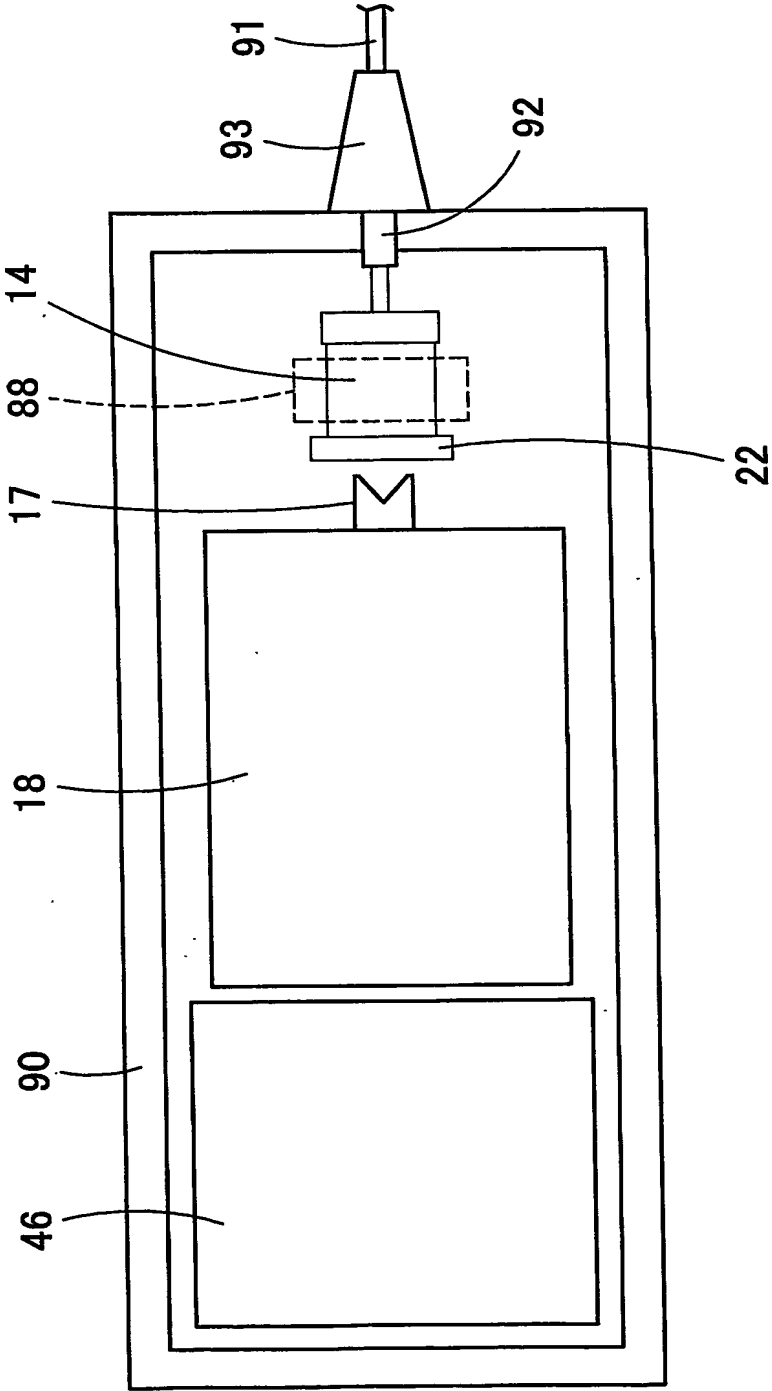


FIG. 49



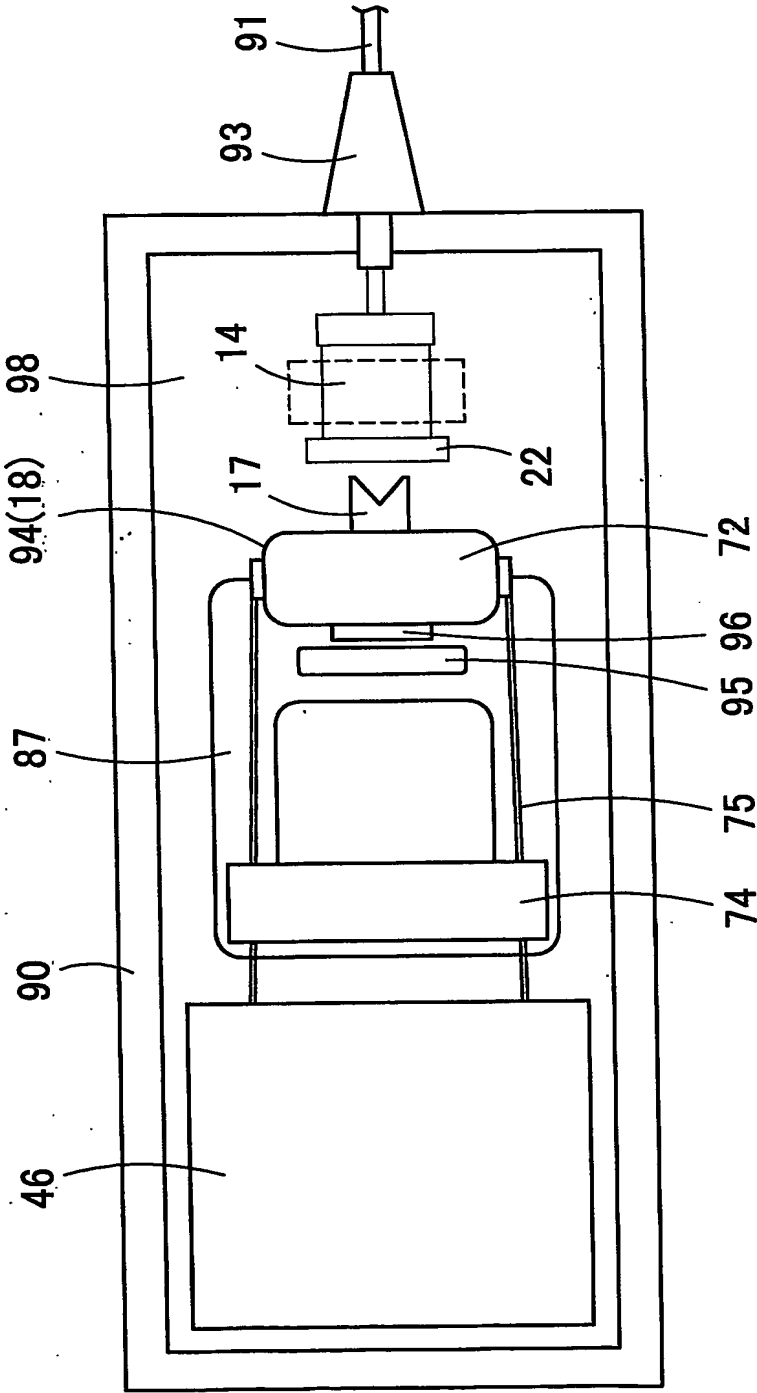


FIG.51

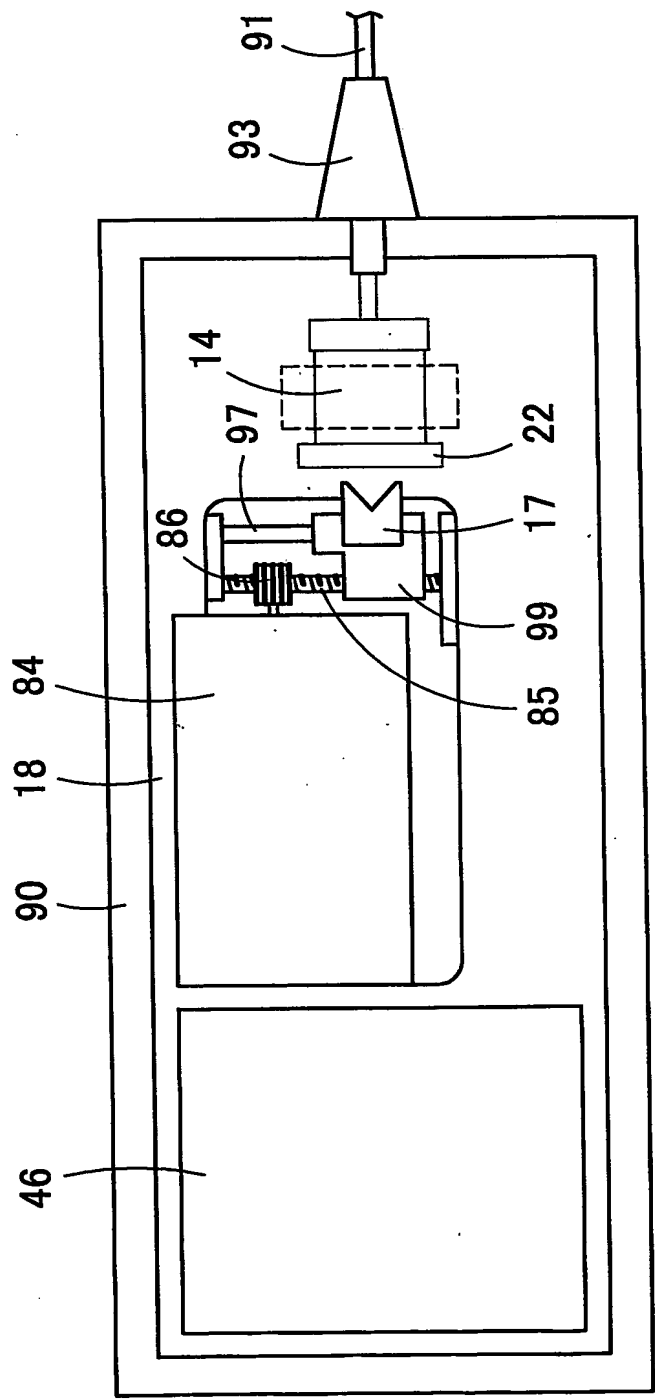


FIG. 52

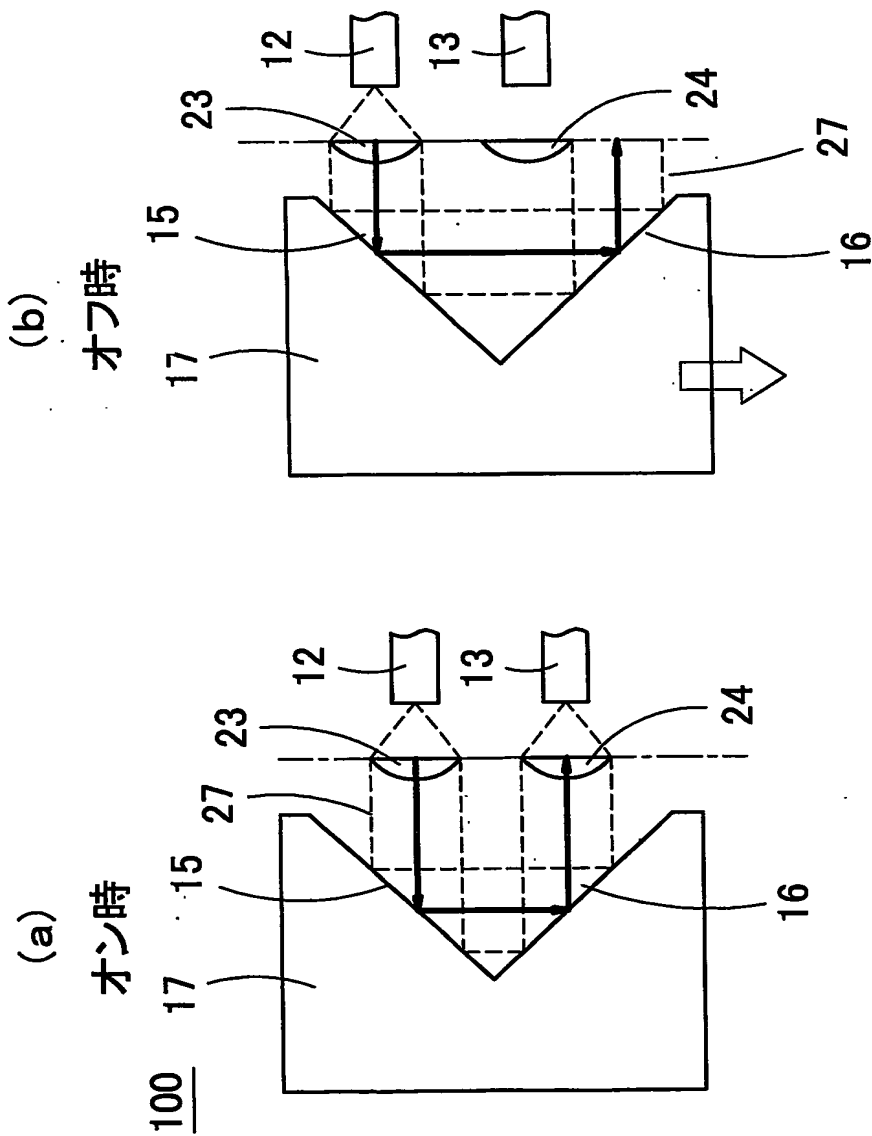


FIG.53



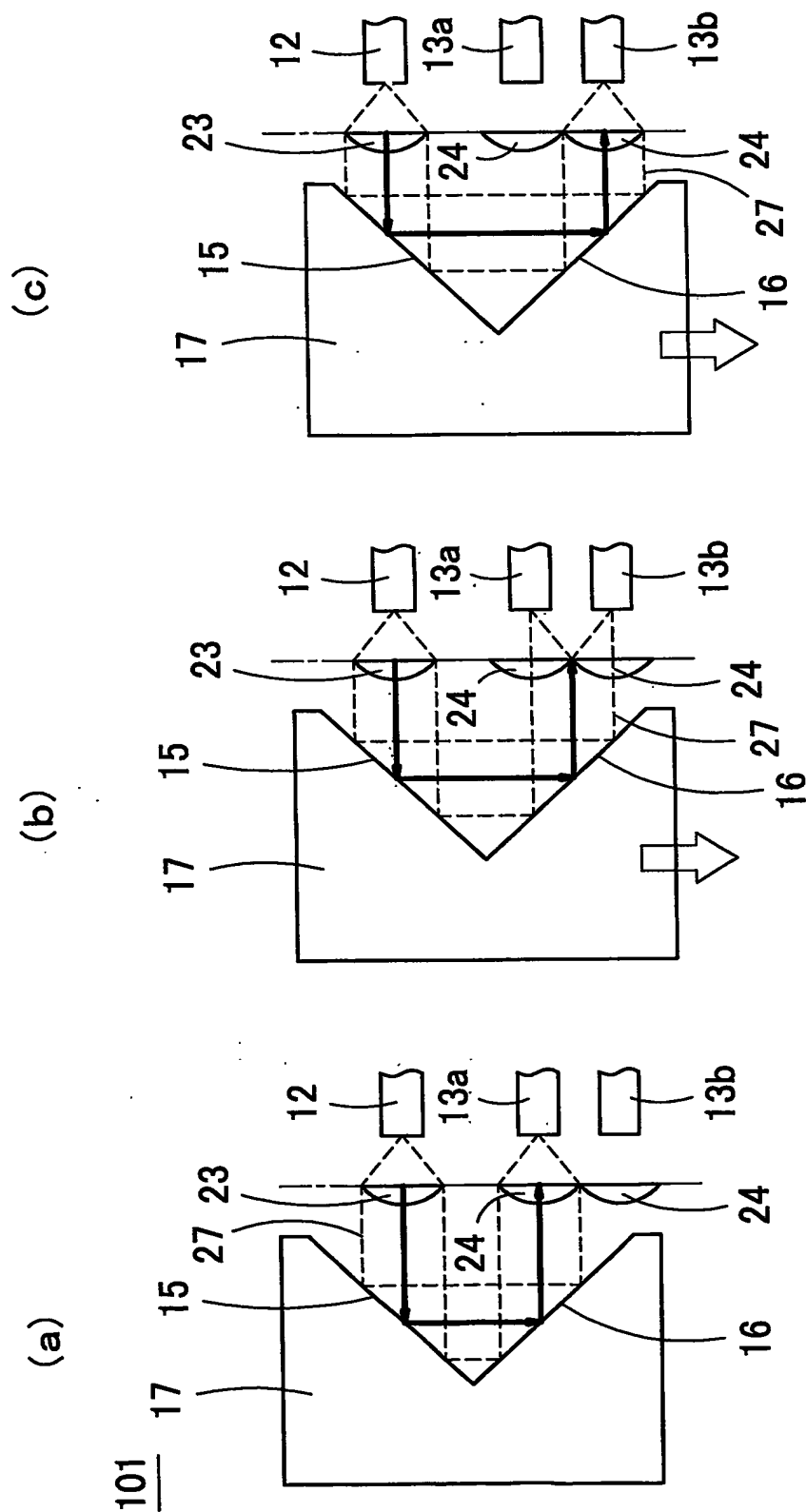


FIG.54

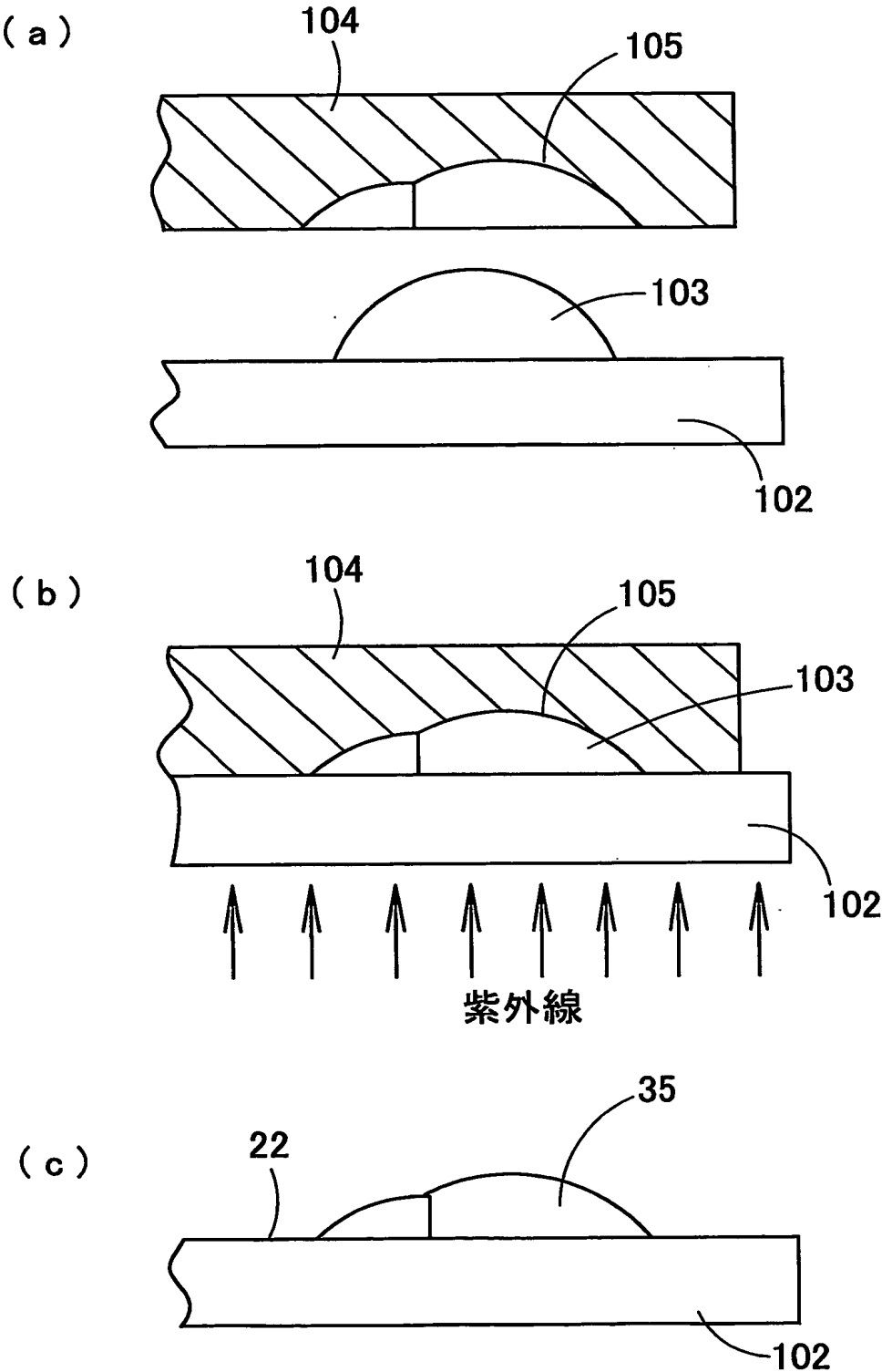


FIG.55

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/08188

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G02B26/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B26/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6304709 B (NEC Corp.), 16 October, 2001 (16.10.01), & JP 10-307264 A	1, 6, 8, 9
X	JP 2-58721 U (Hitachi Cable, Ltd.), 26 April, 1990 (26.04.90), (Family: none)	1, 6, 8, 9
E, X	JP 2003-195191 A (Delta Electronics Inc.), 09 July, 2003 (09.07.03), (Family: none)	1, 8, 9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search  
25 September, 2003 (25.09.03)

Date of mailing of the international search report  
14 October, 2003 (14.10.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B26/02

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B26/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 6304709 B (NEC Corporation) 2001.10.16 & JP 10-307264 A	1, 6, 8, 9
X	JP 2-58721 U (日立電線株式会社) 1990.04.26 (ファミリーなし)	1, 6, 8, 9
EX	JP 2003-195191 A (デルタ エレクトロニクス インコーポレーテッド) 2003.07.09 (ファミリーなし)	1, 8, 9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.09.03

国際調査報告の発送日

14.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田部 元史

2X

8708

電話番号 03-3581-1101 内線 3293